

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

С. С. Душкін, М. В. Дегтяр

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ
з дисципліни

НАДІЙНІСТЬ
ВОДОПРОВІДНО-КАНАЛІЗАЦІЙНИХ СИСТЕМ

*(для студентів 2 - 3 курсів денної і заочної форм навчання
напряму підготовки 6.060101 – Будівництво
освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр
за спеціальністю «Водопостачання та водовідведення»)*

ХАРКІВ
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2015

Душкін С. С. Конспект лекцій з дисципліни «Надійність водопровідно-каналізаційних систем» (для студентів 2 - 3 курсів денної і заочної форм навчання напряму підготовки 6.060101 – Будівництво освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр за спеціальністю «Водопостачання та водовідведення») / С. С. Душкін, М. В. Дегтяр ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 115 с.

Автори: д. т. н., проф. С. С. Душкін
к. т. н., доц. М. В. Дегтяр

Рецензент: канд. техн. наук, доц. К. Б. Сорокіна

Рекомендовано кафедрою водопостачання, водовідведення та очистки вод, протокол № 1 від 29.08.2013 р.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
ЗМ 1 Основні визначення і проблеми надійності ВК систем	5
Тема 1 Загальні відомості і проблеми надійності.....	5
Тема 2 Випадкові величини і основні теоретичні закони їх розподілення.....	7
Тема 3 Відмова. Вплив відмов на показники якості функціонування систем водопостачання і водовідведення.....	11
Тема 4 Спостереження і оцінка їх результатів.....	15
Тема 5 Загальні принципи підвищення надійності. Види резервування.....	18
Тема 6 Показники надійності технічних систем.....	22
ЗМ 2 Підвищення ступеня безпеки та надійності систем водопостачання	29
Тема 7 Основні цілі та задачі експлуатації систем водопостачання.....	29
Тема 8 Забезпечення безпеки та стабільності роботи систем водопостачання.....	33
Тема 9 Сучасні методи визначення технічного стану мереж водопостачання.....	42
Тема 10 Забезпечення безпеки та надійності систем водопостачання в період проектування та будівництва.....	54
Тема 11 Сучасні методи будівництва та реконструкції водопровідних мереж та споруд.....	62
Тема 12 Технічне обслуговування систем водопостачання.....	72
ЗМ 3 Підвищення ступеня безпеки та надійності систем водовідведення	80
Тема 13 Основні параметри надійності каналізаційних мереж.....	80
Тема 14 Основні причини зниження надійності каналізаційних мереж. Підвищення надійності та довговічності роботи мереж водовідведення за рахунок санації.....	92
Тема 15 Технічне обслуговування систем водовідведення.....	93
Тема 16 Організація роботи та експлуатація систем водовідведення.....	98
Тема 17 Зниження надійності каналізаційних мереж внаслідок корозії трубопроводів.....	102
Тема 18 Методи підвищення надійності систем.....	111
СПИСОК ДЖЕРЕЛ	115

ВСТУП

Конспект лекцій складений згідно з програмою курсу «Надійність водопровідно-каналізаційних систем» і навчальним планом для студентів денної і заочної форм навчання. У конспекті основна увага приділена теоретичним основам надійності інженерних систем водопостачання та водовідведення. При цьому розглядаються не тільки показники надійності інженерних систем, а і надійність окремих елементів, а саме: надійність водозабірних споруд, насосних станцій, водоводів для транспортування води, очисних споруд, водопровідних і каналізаційних мереж.

У конспекті викладений досвід роботи водопровідно–каналізаційного господарства України. Конспект лекцій призначений для студентів вищих навчальних закладів, які готують фахівців в області водопостачання, каналізації, раціонального використання і охорони водних ресурсів.

Низький технічний стан мереж і споруд водопостачання та водовідведення часто призводить до відмов та порушень в їх роботі, зниженню надійності якості надання послуг. Така ситуація призводить до необхідності підвищення вимог до надійності роботи систем комунального господарства, втілення безпечних форм організації експлуатації та будівництва мереж та споруд водопостачання та водовідведення.

ЗМ 1 ОСНОВНІ ВИЗНАЧЕННЯ І ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ ВК СИСТЕМ

ТЕМА 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ І ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ

Надійність – це властивість об'єкта виконувати задані функції, зберігаючи в часі значення встановлених експлуатаційних показників у заданих межах, що відповідають заданим режимам і умовам використання. Під об'єктом можна розуміти як систему, так і окремі її елементи, споруди, механізми, устаткування. Фізичний зміст надійності полягає в здатності об'єкта зберігати свої первісні технологічні характеристики в процесі експлуатації.

Поняття "надійність" давно використовується в інженерній практиці. Технічні засоби завжди виготовлялися виходячи із заданого періоду використання. Однак довгий час надійність не вимірялася кількісно, що значно ускладнювало її об'єктивну оцінку. Для оцінки надійності використовують якісні показники. Встановлення кількісних показників надійності, способів їхнього вимірювання і розрахунку поклало початок науковим методам дослідження надійності.

На перших етапах розвитку теорії надійності основна увага приділялася збору та обробці статистичних даних про відмови систем. Розвиток теорії надійності супроводжувався вдосконалюванням ймовірнісних методів дослідження, таких як визначення законів розподілу показників надійності, розробка методів розрахунку і випробувань систем з урахуванням випадкового характеру відмов технічних засобів.

Разом з тим виникали нові напрямки досліджень: пошук принципово інших способів підвищення надійності, прогнозування відмов і прогнозування надійності, аналіз фізико-хімічних процесів, що впливають на надійність, встановлення кількісних зв'язків між характеристиками цих процесів і показниками надійності, удосконалювання методів розрахунку надійності систем, що володіють усе більше складною структурою з урахуванням діючих факторів, таких як вірогідність вихідних даних, контроль і технічне обслуговування, наявність людини-оператора.

У теорії надійності всі терміни можна умовно розділити на 4 основних типи: об'єкти, властивості, події, стани.

Об'єкт – технічний виріб певного цільового призначення. Об'єктами можуть бути різні системи і їхні елементи (процесор, ЕОМ, мережа). Кожний об'єкт характеризується рядом вихідних якісних параметрів, припустимі значення яких у процесі експлуатації наведені в нормативно-технічній (стандарти, технічні умови) і (або) конструкторській (проектній) документації.

Залежно від цілей дослідження об'єктами можуть виступати неподільні елементи та сукупності взаємозалежних об'єктів – системи. Той самий об'єкт залежно від цілей дослідження може виступати як елемент або як система.

Елемент у вузькому розумінні – виріб, що випускається серійно, що має самостійне конструктивне оформлення. Елементом у широкому розумінні або

структурному елементі називається будь-який об'єкт, внутрішня структура якого на даному етапі аналіз надійності не враховується. (Близький термін – чорний ящик).

Система – об'єкт, що представляє собою сукупність елементів, взаємодіючих у процесі виконання певного кола завдань і взаємозалежних функціонально.

Поняття «система» і «елемент» виражені через один одного і відносні.

З позицій надійності об'єкт може перебувати в наступних технічних станах: справне, несправне, працездатне, непрацездатне і граничне.

Справний стан – стан об'єкта, при якому він відповідає всім вимогам нормативно-технічної і (або) конструкторської (проектної) документації.

Якщо хоча б по одній з вимог об'єкт не відповідає нормативно-технічній і (або) конструкторській (проектній) документації, стан об'єкта вважається **несправним**.

Працездатний стан – стан об'єкта, при якому значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати задані функції, відповідає вимогам нормативно-технічної і (або) конструкторської (проектної) документації.

У нормативно-технічній документації відбиті кількісні значення параметрів, а також їхні припустимі межі зміни. Стан об'єкта, при якому значення хоча б одного параметра, що характеризує здатність виконувати задані функції, не відповідає вимогам нормативно-технічної і (або) конструкторської (проектної) документації, називається **непрацездатним**.

Для складних об'єктів можлива наявність декількох працездатних станів, що відрізняються рівнем ефективності застосування об'єкта. Можливо також наявність декількох непрацездатних станів, при цьому із усієї безлічі непрацездатних станів виділяють частково непрацездатні стани, при яких об'єкт здатний частково виконувати необхідні функції.

Поняття “справний стан” є більше “твердим” стосовно обсягу вимог, пропонованих до об'єкта, ніж поняття “працездатний стан”. Справний об'єкт завжди працездатний. Працездатний об'єкт, на відміну від справного, задовольняє не всім вимогам нормативно-технічної і (або) конструкторської (проектної) документації, а лише тим, які забезпечують його нормальне функціонування. При цьому він може не задовольняти, наприклад, вимогам, що пред'являються до його зовнішнього вигляду (мати місцеві порушення лакофарбового покриття, вм'ятини на кожухах огорожень і т.п.). Працездатний об'єкт може бути несправним, однак, його ушкодження при цьому не настільки істотні, щоб вони могли перешкоджати функціонуванню об'єкта.

Приклад. Стільниковий телефон. Його функціональне призначення – передача інформації від користувача і до користувача. Але він має набір сервісних функцій (калькулятор, фотокамера). Припустимо, що телефон з фотокамерою перестав робити знімки. Отже, він несправний, але працездатний, якщо дозволяє користувачеві передавати і одержувати «мовну» інформацію. У теорії надійності використовується термін – **граничний стан** – стан об'єкта,

при якому його подальша експлуатація неприпустима або недоцільна, або відновлення його працездатного стану неможливо або недоцільно.

Граничний стан обумовлений фізичною неможливістю подальшої експлуатації об'єкта, або неприпустимим зниженням його ефективності, або вимогами безпеки і визначається встановленим критерієм граничного стану.

Подія, що полягає у порушенні працездатності системи або елемента, називається **відмовою**. Надійність припускає безвідмовність дії об'єкта в межах заданого терміну експлуатації, або кількість відмов повинна бути зведена до мінімуму. До речі відмовою є також зниження експлуатаційних показників системи нижче встановленої межі.

У теорії надійності технічних пристроїв основним поняттям для оцінки працездатності є ймовірнісна оцінка безвідмовної роботи в плинні заданого інтервалу часу t . На відмову впливає не тільки цілий ряд передбачуваних (детермінованих) факторів, але і ряд випадкових факторів, що мали місце при проектуванні, будівництві, налагодженні і експлуатації об'єкта. Вплив випадкових факторів не піддається точному обліку, тому детермінована оцінка замінюється ймовірнісною. Отже, результати спостережень за об'єктами носять імовірнісний характер, звідси і теорія надійності ґрунтується на елементах теорії ймовірностей і математичної статистики. Слід зазначити, що відмова є не тільки випадковою, але і рідкою подією.

Контрольні питання

1. Дайте визначення надійності.
2. Дайте оцінку об'єкту і системі.
3. Основні етапи розвитку теорії надійності
4. Поняття системи і об'єкта.
5. Технічні стани об'єкта з позицій надійності.
6. Справний та несправний стан об'єкта.
7. Працездатний та непрацездатний стан об'єкта.
8. Граничний стан об'єкта.
9. Дайте визначення відмові системи.

ТЕМА 2 ВИПАДКОВІ ВЕЛИЧИНИ І ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ЗАКОНИ ЇХ РОЗПОДІЛЕННЯ

Теорія ймовірностей це математична дисципліна, що має справу з абстрактними моделями, при цьому одна і та ж сама дія може описуватися різними моделями з різним ступенем наближення. Випадкові явища, процеси і величини та методи їхньої чисельної оцінки є основним об'єктом розглянутим у теорії імовірності.

Випадкові величини можуть бути: – дискретними (ξ) — якщо є кінцеве або рахункове число значень x_1, x_2, \dots, x_n та безперервними, коли випадкова величина може приймати будь-яке чисельне значення.

Дискретну величину, можна приймати з відповідною ймовірністю появи P_1, P_2, \dots, P_n , причому $\sum P_n = 1$.

Ряд розподілу випадкових величин:

$$\begin{matrix} (x_1, x_2, \dots, x_n \dots) \\ (P_1, P_2, \dots, P_n \dots) \end{matrix}$$

Математичне очікування (середнє значення) випадкової величини:

$$M_\xi = \sum x_k \cdot P_k \quad (2.1)$$

Наприклад, момент паралельного порядку: $M^2_\xi = \sum x_k^2 \cdot P_k$

Відповідність одержуваних статичних закономірностей закону теоретично в значній мірі залежить від тривалості спостереження, вірогідності і точності вихідних даних. Чим довше ряд проведених спостережень і чим вище їхня точність, тим ближче будуть отримані статичні залежності до того об'єктивного закону розподілу, що існує для розглянутої категорії випадкових подій. При необмеженому рості числа спостережень отримані статичні залежності наближаються до теоретичної функції розподілу. Вивчення і відповідний аналіз фактичної роботи діючих систем водопостачання і водовідведення дозволяє одержати деякі чисельно виражені характеристики зміни в часі обсягів водопостачання і водовідведення для міст, різних за чисельністю населення, кліматичній зоні, ступеню індустріалізації і т.п. На підставі зібраних і оброблених статистичних матеріалів можна одержати деякі закономірності зміни в часі обсягів водоспоживання, оцінити чисельно ймовірність появи їхніх різних величин, а також повторюваність і тривалість.

У результаті проведених спостережень або випробувань може бути встановлений не тільки сам факт місця, що було, події, але і певні чисельні значення параметрів, що характеризують ймовірність його появи та повторення. Залежно від характеру досліджуваного процесу іноді може більше цікавити сам факт появи (настання) деякої події. Наприклад, аварія якого-небудь елемента системи може розглядатися як випадкова подія. Отримане в результаті спостережень або досвіду число аварій розглянутого елемента за певний період часу є випадковою величиною.

При спостереженні змін обсягів водопостачання і водовідведення отримані чисельні значення є випадковими величинами.

Безперервні випадкові величини: обсяг водоспоживання, водовідведення; витрата води джерела; рівень води в річці.

Число відмов (аварій) елементів систем водопостачання та водовідведення є дискретною випадковою величиною.

Дисперсія випадкової величини ξ :

$$D\xi = M(\xi - M\xi)^2 = M\xi^2 - (M\xi)^2 \quad (2.2)$$

Дисперсія є мірою розкиду можливих значень випадкової величини: – якщо D мала, то великі відхилення від очікуваного результату малоймовірні.

Безперервна випадкова величина – якщо вона може приймати будь-які чисельні значення з деякого інтервалу $[A, B]$, які можуть бути і нескінченними.

Імовірність безперервної випадкової величини:

$$P_{(a,b)} = \int_a^b f(x)dx, A \leq a \leq b \leq B \quad (2.3)$$

де $f(x)$ — щільність імовірності ($f(x) \geq 0$).

Функція розподілу випадкової величини ξ

$$F(x) = \int_a^b f(x)dx, \quad (2.4)$$

Основні теоретичні закони розподілу випадкових величин.

Відомо близько 160 законів розподілу щільності ймовірностей. На практиці використовуються деякі найпоширеніші: біноміальний, Пуассона, експоненціальний, нормальний розподіл.

Біноміальний розподіл має місце в тому випадку, коли ймовірність появи події (x) в (n) незалежних дослідах постійна і дорівнює (P). Ймовірності появи (x) подій у серії з (n) випробувань відповідає функція розподілу:

$$f(x) = \frac{n!}{x!(n-x)!} p^x q^{(n-x)}, \quad (2.5)$$

де p – імовірність відмови;

$q = 1 - p$ – імовірність появи події.

Середнє значення $\mu = n \cdot p$; середньоквадратичне відхилення $\sigma = \sqrt{n \cdot p \cdot q}$.

Якщо p дуже мала, наприклад $p = 0,02$ і $q = 1$, а μ набагато більша p , біноміальний розподіл трансформується до виду:

$$f(x) = \frac{e^{-\mu} (\mu)^x}{x!}; \mu = n \cdot p; \sigma = \sqrt{n \cdot p} = \sqrt{\mu}. \quad (2.6)$$

Це так званий розподіл Пуассона, характерний для числа появи рідких подій дискретної випадкової величини.

Якщо ж величина p велика і відповідно $n \cdot p$ теж, наприклад: $p \geq 0,5$, а $n \cdot p \geq 5$, біноміальний розподіл може бути представлений у вигляді:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}; \mu = n \cdot p; \sigma = \sqrt{npq}. \quad (2.7)$$

Це нормальний або гаусів розподіл.

Для експоненціального закону розподілу:

$$\left\{ \begin{array}{l} f(x) = \lambda e^{-\lambda x} \text{ при } x > 0 \\ f(x) = 0 \text{ при } x < 0 \end{array} \right\}; \mu = \frac{1}{\lambda}; \sigma = \frac{1}{\lambda}, \quad (2.8)$$

де λ – параметр, що характеризує частоту відмов.

При рішенні практичних завдань нерідко досить визначити тільки математичне очікування, дисперсію та середньоквадратичне відхилення.

Математичне очікування дискретних випадкових величин визначається:

$$m_x = M(X) = \sum_{i=1}^n x_i \cdot P_i . \quad (2.9)$$

Математичне очікування безперервних випадкових величин:

$$m_x = M(X) = \int_{-\infty}^{\infty} x f(x) dx . \quad (2.10)$$

Математичне очікування для біноміального розподілу:

$$m_x = n \cdot p . \quad (2.11)$$

Дисперсія дискретних випадкових величин:

$$D(x) = \sum_{i=1}^n (x_i - m_x)^2 P_i . \quad (2.12)$$

Дисперсія безперервних випадкових величин:

$$D(x) = \int_{-\infty}^{\infty} (x - m_x)^2 f(x) dx . \quad (2.13)$$

Дисперсія величин для біноміального розподілу:

$$D(x) = n \cdot p \cdot q . \quad (2.14)$$

Середнє квадратичне відхилення:

$$\sigma_x = \sqrt{D_x} . \quad (2.15)$$

Контрольні питання

1. Поняття випадкових величин, їхні види.
2. Фактори залежності зміни обсягу водопостачання та водовідведення.
3. Дисперсія.
4. Функція розподілу випадкової величини.
5. Поняття надійності, відмови.
6. Біноміальний розподіл.
7. Розподіл Пуассона.
8. Нормальний розподіл.
9. Експоненціальний закон розподілу.
10. Математичне очікування для біноміального закону розподілу, для дискретних, безперервних випадкових величин.
11. Дисперсія величин для біноміального закону розподілу, для дискретних, безперервних випадкових величин.

ТЕМА 3 ВІДМОВА. ВПЛИВ ВІДМОВ НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ І ВОДОВІДВЕДЕННЯ

Відмови системи (події, що полягають у порушенні нормального виконання нею функцій водопостачання та водовідведення об'єкта) досить різноманітні. Ушкодження будь-якого елемента або споруди системи впливає на якість функціонування системи в цілому. Масштаби цього впливу визначаються роллю і значенням елемента, що відмовив.

Системи подачі води завдяки широкому використанню принципів резервування влаштовані так, що відмова окремих елементів або блоків споруди не спричиняє повної відмови системи, а викликає лише тимчасове додаткове зниження рівня його працездатності.

Тривалість перебування системи в стані неповної працездатності визначається часом відновлення, що включає час на виявлення аварії і на ремонт або заміну ушкодженого елемента. Серйозні наслідки для роботи системи водопостачання і водовідведення можуть мати:

- 1) відмови **пов'язаних** зовнішніх систем, таких, як природні джерела води;
- 2) системи енергопостачання;
- 3) іноді системи матеріального обслуговування.

Відмови цих систем можуть призвести до істотних порушень нормального функціонування систем водопостачання і водовідведення, аж до повного тимчасового припинення подачі води (при відсутності відповідних резервів).

Відмова природного джерела становить особливу небезпеку для порушення системи водовідведення, що використовує одне джерело, і може привести до повної відмови систем водоподачі.

Відмови системи подачі електроенергії насамперед порушують роботу насосної станції і можуть викликати тимчасову перерву в подачі води споживачам. Припинення подачі струму може викликати також істотні порушення в роботі ряду водопровідних (водовідвідних) споруд (водоприймальних, очисних і ін.), де широко використовуються механізми, устаткування і арматури з електроприводом, системи автоматичного керування, сигналізації і т.п.

При сучасному стані систем енергопостачання і наявності закільцьованих систем, що живляться від декількох електростанцій, імовірність повного і тривалого припинення подачі струму досить невелика. При відсутності досить надійного енергопостачання на насосній станції повинне бути передбачене наявність теплового резерву.

Відмови за внутрішніми причинами, тобто порушення нормального функціонування систем водопостачання та водовідведення в результаті ушкоджень і аварій окремих споруд або елементів системи, є найбільш частими. Відмови систем можуть бути викликані виходом з ладу таких

відповідальних споруд як водоприймальні споруди, головні насосні станції основні канали, що підводять воду, або водоводи.

Асортимент елементів, що використовуються при облаштуванні водопровідних (водовідвідних) мереж і споруд досить великий. Основні: труби, їхнє стикове з'єднання, насоси, електродвигуни і електроустаткування, запірні, регулююча і запобіжна арматури, механічне устаткування очисних споруд (насоси, повітрорудки, змішувачі, промивні пристрої і ін.), вимірювальна, контрольна і сигнальна апаратура реагентного господарства; дозатори, телекерування, сигналізація і диспетчерський зв'язок.

Для більшості названих елементів спостерігається деяка загальна закономірність їхнього ушкодження (відмов) за період роботи з моменту пуску в експлуатацію до настання передбачуваного стану. У перший період: *період монтажу і пуску* пошкодження спостерігаються відносно часто: даються в знаки допущені дефекти монтажу і пуску; пристосовування об'єкта до нормальних умов роботи. Другий, *період нормальної роботи*, коли ушкодження зустрічаються рідко. Третій, *період граничного стану*, характеризується новим підвищенням частоти пошкоджень (результат старіння). До цього моменту елементи повинні бути вчасно замінені новими.

Досить важливо для забезпечення надійності систем якісне, суворе виконання правил експлуатації, а зокрема своєчасне проведення планово-попереджувального ремонту. Добре організована служба технічної експлуатації дозволяє передбачати можливість виникнення відмови деяких об'єктів та вживати заходів щодо їх попередження.

У районах високої сейсмічної активності відмови різних елементів і споруд систем водопостачання та водовідведення можуть мати масові і одночасні аварії; розриви водопровідних (водовідвідних) ліній, тріщини в резервуарах, обвали водонапірних башт і ін. Як показує досвід, землетруси малої сили, так само завдають істотної шкоди спорудам поступово знижуючи їхню міцність, і приводять до аварій. Інтенсивність відмов у системах у сейсмічних районах досить висока. Підвищення надійності систем у цих умовах, вимагає використання особливих типів і конструкцій споруд, труб і спеціальних методів їхньої прокладки.

Будь-які ушкодження в системі водопостачання порушують нормальне функціонування системи та знижують основну властивість її роботи – *безвідмовність*. Здійснення широкої системи заходів по боротьбі з відмовами дозволяє істотно підвищити надійність системи. Заходи щодо забезпечення необхідних показників надійності системи повинні здійснюватися на всіх етапах її створення та існування (у процесі проектування, будівництва і експлуатації). Всі розглянуті види ушкоджень різних елементів систем водопостачання та водовідведення викликають зниження якості їх функціонування. Якщо зниження ступеня якості перевершують додаткові (нормальні) межі зниження водопостачання (водовідведення), то відбувається відмова системи. Факт відмови системи може бути встановлений лише в

результаті порівняння фактичних показників якості функціонування з нормативними.

Надійність системи, одна з найважливіших властивостей і істотних показників якості функціонування. Надійність водопровідних і водовідвідних систем необхідно розглядати окремо – показники надійності і показники рівня (якості) їхнього функціонування по обслуговуванню споживачів відносно їх кількості і якості води. Кожна реалізація процесу функціонування системи і кожний стан може бути охарактеризовані одночасно: – показники якості її функціонування (ступеня задоволення потреб споживачів); – ймовірності перебування в цьому стані (показниками надійності). Ці показники тісно взаємопов'язані, але різні за своєю природою. Крім того, для систем водопостачання і водовідведення в цілому закони розподілу часу встановити з досвіду вкрай складно. Набагато легше встановити ймовірність відмови тих окремих споруд або елементів, які можуть спричинити відмову системи. Ймовірність таких подій дозволяє оцінити і ймовірність відмови системи. Вплив ушкоджень окремих елементів на роботу системи виявляється шляхом її перевірочних розрахунків або розрахунків окремих підсистем.

Поняття надійності об'єкта включає наступні властивості: безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність, здатність до збереження, а також ефективність.

Безвідмовність – властивість об'єкта безупинно зберігати працездатність протягом деякого часу.

Довговічність – властивість об'єкта зберігати працездатність до настання граничного стану при встановленій системі технічного обслуговування і ремонту. Граничний стан визначається неможливістю подальшого використання об'єкта.

Ремонтпридатність – властивість об'єкта, що полягає в пристосованості його до попередження і виявлення причин виникнення відмов, ушкоджень, а також підтримувannya і відновленню працездатного стану шляхом проведення технічного обслуговування і ремонтів.

Здатність до збереження – властивість об'єкта протистояти негативному впливу умов і тривалості зберігання і транспортування та їх вплив на його безвідмовність, довговічність і ремонтпридатність.

Ефективність застосовується іноді для оцінки якості систем.

У загальному виді модель ефективності W має вигляд

$$W = \frac{D}{C}, \quad (3.1)$$

де D – відвернений збиток;

C – витрати на запобігання збитку.

Перераховані властивості мають різну відносну значимість залежно від виду об'єкта. Так, для великих споруд (греблі, резервуари, очисні станції) безвідмовність і довговічність мають першорядне значення. Для насосних станцій найбільш важливими є: безвідмовність, ремонтпридатність і довговічність.

Технічні системи залежно від параметрів їхніх елементів можуть перебувати в наступних станах:

справний (працездатний), коли параметри об'єкта відповідають всім вимогам нормативно–технічної і конструкторської документації;

несправний (непрацездатний), при якому об'єкт не відповідає хоча б одній з вимог нормативно–технічної і конструкторської документації;

граничний – стан, при якому подальше застосування об'єкта за призначенням неприпустимо або недоцільно, або відновлення його з непрацездатного (несправного) стану недоцільно.

Крім перерахованих загальних станів у комунальному господарстві можуть вживатися і інші терміни для видів станів:

аварійний – має місце при відмові основних елементів, що приводить до різкого порушення роботи системи;

кризовий – при відмові ряду елементів, що приводить до зниження продуктивності систем і залучення резервів при відсутності запасу надійності. Криза може перейти в аварію;

ремонтний – має місце при відключенні окремих елементів для проведення планових і профілактичних ремонтів;

надзвичайна ситуація – процес переходу системи з одного стану в інший, викликаний різними впливами на систему;

повна відмова – повне припинення роботи системи. Поняття "відмова" є одним з основних у теорії надійності.

Відмова – це подія, при якому об'єкт переходить у непрацездатний стан.

Ушкодження – об'єкт переходить у несправний, але працездатний стан.

У техніці відомі різні класифікації відмов:

1. *За часом виникнення* в період експлуатації технічної системи розрізняють три групи відмов:

- а) періоду припрацювання;
- б) періоду нормальної експлуатації;
- в) періоду інтенсивного зношування.

2. *За характером виникнення* розрізняють раптові і поступові відмови.

Раптовим називається відмова, що характеризується стрибкоподібною зміною значень одного або декількох заданих параметрів об'єкта. Поступова відмова характеризується поступовою зміною параметрів. Перемежованою називається – багаторазово виникаюча відмова, того ж самого характеру, що самоусувається,

3. *За зв'язком між собою* бувають залежні і незалежні відмови.

Незалежна – відмова об'єкта, не обумовлена іншими відмовами.

Залежна – відмова об'єкта, обумовлена відмовами інших елементів.

4. *Залежно від причини виникнення:*

конструкційні відмови обумовлені недосконалістю конструкції об'єкта (неправильно обраний матеріал, навантаження і т.п.);

виробничі відмови виникають у результаті недосконалості або порушення встановленого процесу виготовлення або ремонту об'єкта;

експлуатаційні – відмови, що виникли в результаті порушення правил і (або) умов експлуатації об'єкта.

У практиці оцінки надійності технічних об'єктів поступові відмови називають параметричними, а надійність по відношенні до таких відмов – *параметричною*.

Є.С. Переверзев запропонував всі відмови ділити на дві групи: А, В.

До **відмов групи А** відносяться ті, для яких на даному етапі розвитку науки і техніки можуть бути розроблені математичні моделі, що дозволяють розраховувати ймовірність їхньої появи. До цієї групи відносяться відмови, обумовлені випадковими розкидами значень конструктивних, технологічних, експлуатаційних і інших факторів.

Відмови групи В викликаються дією факторів, що не враховуються, або прихованих дефектів, а також непередбаченими причинами. Відмови цієї групи насамперед пов'язані з культурою виробництва і експлуатації, технологічною дисципліною. Вони не піддаються опису за допомогою математичних моделей.

Контрольні питання

1. Поняття безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності, здатності до збереження, ефективності.
2. Види станів технічних систем.
3. Класифікації відмов.
4. Класифікація відмов Є.С. Переверзева.
5. Невідновлювальні і відновлювальні системи.
6. Основні причини відмови системи водопостачання.
7. Охарактеризуйте закономірність виникнення відмов.
8. Залежність інтенсивності відмов від природних умов.
9. Безвідмовність системи.

ТЕМА 4 СПОСТЕРЕЖЕННЯ І ОЦІНКА ЇХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Результати спостережень за об'єктами техніки являють собою **випадкові величини**, оскільки залежать від випадкової комбінації різних факторів.

Випадкові величини можуть бути безперервними або дискретними.

Безперервна випадкова величина може приймати будь-яке чисельне значення. **Дискретна** ж приймає тільки цілі значення. Наприклад, число аварій може бути тільки цілим. Випадкова величина позначається (X). Якщо проводити нескінчену кількість вимірів випадкової величини X , то безліч їхніх результатів являє собою *генеральну сукупність*. На практиці ж кількість вимірів має кінцеве значення (n). Набір обмірюваних значень ($x_1; x_2; x_3; x_n$) називається **вибіркою обсягу (n)** з генеральної сукупності або просто вибіркою. Якщо для опису безлічі результатів вимірів використовується ряд загальних характеристик, що обчислюються на підставі генеральної сукупності, вони називаються параметрами, якщо на підставі даних вибірки, то статистиками.

Однієї з таких статистик є середнє або середньоарифметичне значення вимірів – \bar{x} , якщо випадкова величина позначена через x і називається математичним очікуванням. Якщо вибірка містить всю генеральну сукупність, то середнє значення \bar{x} , позначається μ :

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} \quad (4.1)$$

До числа характеристик також відносять *інтервал значень, медіану, частоту події, імовірність події, дисперсію*.

Розглянемо на прикладі, які параметри застосовуються найчастіше і як вони обчислюються.

Наприклад, у процесі виміру терміну служби 50 ртутно–кварцових ламп були отримані такі дані (впорядковані):

n=50

3520	3710	3790	3840	3890	3940	3960	3980	4070	4250
3570	3730	3810	3850	3910	3950	3960	4010	4080	4280
3610	3750	3810	3880	3910	3950	3970	4010	4130	4360
3630	3770	3820	3880	3910	3950	3980	4020	4150	4390
3670	3780	3830	3880	3930	3960	3980	4050	4180	4460

тут $\bar{x}=3854,6$

$\Sigma=192730$

Найбільше значення – 4460

Найменше значення – 3520

Різниця між максимальним і мінімальним значенням (940) – називається *інтервалом* або *варіацією*. Середнє значення цих двох величин називається *серединою інтервалу* (3990). Інтервал є характеристикою розкиду значень випадкової величини x .

Число, що ділить ряд вимірів на 2 рівні частини, називається **медіаною**. У цьому випадку медіаною буде число 3935, бо воно є середнім між двома центральними 3930 і 3940. Якщо n число непарне, то центральне число і є медіаною.

Існує певна частота появи події на всьому інтервалі виміру, що для зручності розбивають на ряд відрізків, які залежать від кількості вимірів n . Існують певні рекомендації для вибору інтервалів залежно від кількості числа вимірів, наприклад для $n= 40-100$, K (кількість інтервалів) = 7–9;

$n= 100-500$, $K= 8-12...$;

Для простоти і зручності візьмемо $K=10$, а інтервал значень виберемо від 3500 до 4500. Потім підрахуємо кількість вимірів, що потрапили в кожний інтервал, ці величини називаються **спостережуваною частотою**.

Спостережувану частоту перераховуємо у відносну $\frac{m_i}{n}$;

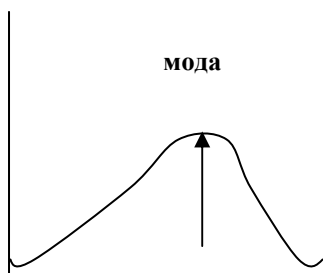
Далі на підставі даних таблиці будується графік зміни відносної частоти по інтервалах. Отримана діаграма називається *гістограмою диференціального розподілу*.

Результат обробки вимірів терміну служби ртутно-кварцевих ламп:

Показники	Інтервали									
	3500–3600	3600–3700	3700–3800	3800–3900	3900–4000	4000–4100	4100–4200	4200–4300	4300–4400	4400–4500
Спостережувана частота, m_i	2	3	6	0	5	6	3	2	2	1
Відносна частота, m_i/n	0,04	0,06	0,12	0,20	0,30	0,12	0,06	0,04	0,04	0,02
Накопичена частота, $\sum m_i/n$	0,04	0,10	0,22	0,42	0,72	0,84	0,90	0,94	0,98	1,00

Ордината на графіку називається відносною частотою. Якщо гістограма будується на основі генеральної сукупності, то відносна частота буде ймовірністю потрапляння виміру усередину певного інтервалу. У цьому випадку число інтервалів повинне бути нескінченно великим, а ширина дуже малою і ламана лінія перетвориться в криву – функцію розподілу щільності ймовірностей $f(x)$.

Значення x , при якому $f(x)$ досягає максимального значення називається **модою розподілу**.



За звичай мода відповідає величині, що найбільш часто зустрічається у вимірах. Якщо відносні частоти підсумувати від інтервалу до інтервалу, то одержуємо **накопичені частоти**. Ламана лінія, що відбиває зміни накопиченої частоти називається **гістограмою інтегрального розподілу**.

Контрольні питання

1. Поняття генеральної сукупності.
2. Поняття вибірки, параметра і статистики.
3. Математичне очікування.
4. Поняття ймовірності події.
5. Поняття інтервалу, варіації, середини інтервалу.
6. Побудова діаграми диференціального та інтегрального розподілу.

ТЕМА 5 ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ. ВИДИ РЕЗЕРВУВАННЯ

Технічні системи складаються з ряду елементів, поєднаних між собою. Елементами вважаються незалежні складові частини, на які можна розбити систему.

Поняття "елементи" і "системи" є відносними. Наприклад, відцентровий насос може розглядатися як система, що складається з механічної і електричної частини, кожна з яких може у свою чергу розбиватися на елементи (деталі). У той же час у насосній станції насос є елементом, а в системі водопостачання елементом може вважатися насосна станція. Система може складатися з однакових або різних елементів.

Експериментально, шляхом випробувань визначаються показники надійності елементів, а показники надійності систем обчислюються залежно від виду з'єднання елементів (структури, конфігурації) у системі. Бувають два види з'єднань: послідовне і паралельне.

Послідовне з'єднання n елементів у систему характеризується тим, що вихід з ладу одного будь-якого елемента приводить до виходу з ладу всієї системи (рис. 5.1).

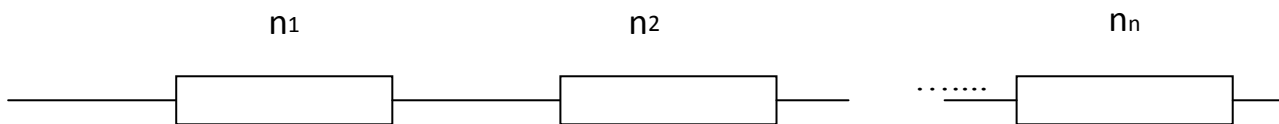


Рисунок 5.1 – Послідовне з'єднання елементів у системі

При *паралельному* з'єднанні n елементів до відмови системи приведе відмова всіх елементів (рис. 5.2).

Систему з паралельним з'єднанням називають також системою зі структурним резервуванням елементів (резервованою). Можливі також системи з комбінуванням обох видів з'єднань.

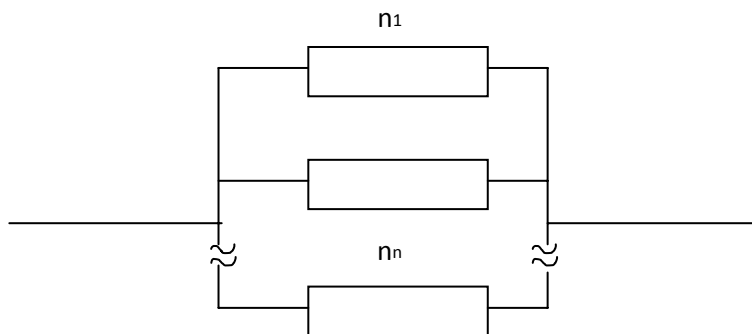


Рисунок 5.2 – Паралельне з'єднання елементів у систему

У багатьох випадках до технічних систем і пристроїв пред'являються дуже суворі вимоги по безвідмовності.

Одні пристрої не можна зупиняти через небезпеку, що загрожує людям, що працюють на цих пристроях або за допомогою цих пристроїв. Наприклад, системи повітропостачання і водовідливу в шахтах. Зупинка систем

повітропостачання або водовідливу загрожує великими жертвами і тому неприпустима.

Інші пристрої недоцільно, зупиняти або допускати мимовільної зупинки через велику ймовірність економічного збитку. До них можна віднести деякі системи електропостачання, авіатехніку (літаки, вертольоти та ін), і деякі інші.

Треті пристрої повинні бути безвідмовними протягом заданого періоду часу з міркувань (військових) оборонних. До них відноситься більшість видів військової техніки.

Все вищевикладене змушує шукати шляхи підвищення надійності і довговічності пристроїв до заданого рівня.

Одним з таких шляхів є резервування елементів, частин систем та систем в цілому. Сутність резервування полягає в тому, що до елементу (блоку, системі) приєднуються один або кілька запасних (резервних) елементів (блоків, систем), які в міру виникнення відмов підключаються на місце основного та виконують його функцію.

Резервування є одним з основних методів підвищення надійності технічних пристроїв, який дозволяє, принаймні теоретично, підвищувати надійність виробу до як завгодно великого рівня.

Сукупність основного і резервних елементів називається *резервною групою*.

Підвищення надійності систем може бути досягнуто двома шляхами:

1. Підвищення надійності і якості елементів, з яких складається система. Тут мається на увазі використання більше якісних труб, матеріалів, устаткування, підвищення якості будівельно-монтажних робіт, кваліфікації обслуговуючого персоналу. Цей шлях вважається найкращим.
2. Резервування (дублювання) елементів систем. Це дозволяє одержати систему більше надійну, ніж надійність складових її елементів.

Види резервування

Сутність резервування полягає у введенні в систему додаткових елементів для забезпечення безвідмовності об'єкта в цілому, при недостатньо надійних елементах. Однак можливе резервування і без введення додаткових елементів. Наприклад, тимчасове резервування з використанням резервів часу, функціональне – з використанням здатності елементів виконувати додаткові функції або перерозподіляти функції. Інформаційне резервування пов'язане з використанням резервів інформації.

При **загальному резервуванні** підвищення надійності досягається шляхом резервування системи в цілому (рис. 5.3 а), а при **роздільному** – окремих елементів системи (рис. 5.3 б).

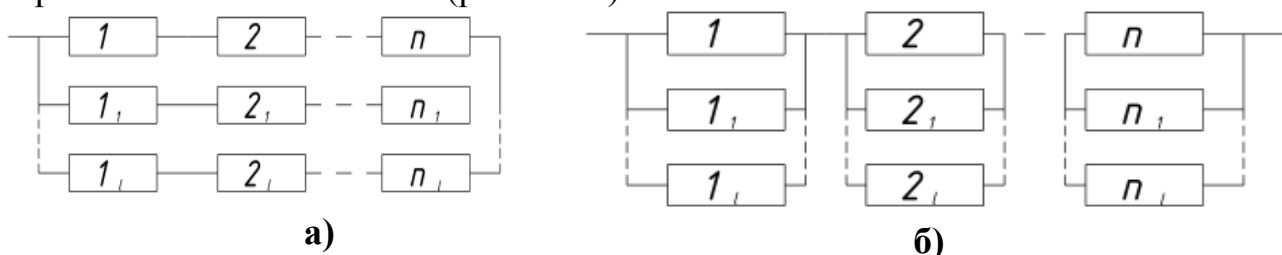


Рисунок 5.3 – Загальне (а) і розділене (б) резервування

Кратністю резервування називають відношення числа резервних елементів до числа основних, і позначають **m**.

Резервування із цілою кратністю означає, що **m** є цілим числом, а із дробовою – величина **m** є дробовим нескороченим числом. Наприклад $m = 4/2$ означає резервування із дробовою кратністю, при якому число резервних елементів дорівнює 4, число основних – 2, а загальне число елементів – 6. Якщо скоротити $4/2=2$, то це вже означає резервування із цілою кратністю, при якому число резервних елементів дорівнює 2, а число основних – 1, загальне число елементів – 3.

За способом включення резерву розрізняють:

- *постійне резервування*, виконується без перебудови структури у разі виникнення відмови його елемента;
- *динамічне резервування*, передбачає перебудову структури у разі відмови елемента;

В свою чергу динамічне резервування поділяється на:

- а) резервування заміщенням – функції передаються резервному елементу тільки після основного елемента;
- б) заміщення, що ковзає – кілька основних елементів резервуються одним або кількома резервними, кожен з яких може замінити будь-який основний (тобто групи основних і резервних елементів ідентичні – рис. 5.4).

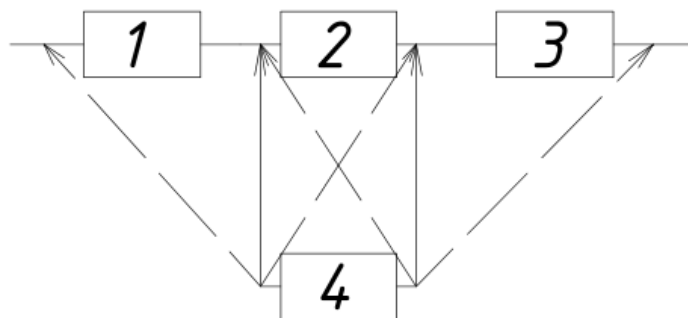


Рисунок 5.4 – Ковзаюче резервування

При ковзаючому резервуванні будь-який резервний елемент може заміщати будь-який основний елемент. Для здійснення цього резервування необхідно мати пристрій, який автоматично знаходить несправний елемент і підключає замість нього резервний. Перевага такого резервування в тому, що при ідеальному автоматичному пристрої найбільший виграш буде в надійності в порівнянні з іншими методами резервування. Проте здійснення ковзного резервування можливе лише при однотипності елементів.

При заміщенні резервні елементи можуть перебувати в трьох станах:

навантажений – резервний елемент перебуває в тій же режимі, що і основний. Навантажене резервування, у якому резервні елементи перебувають у режимі основного елемента. Надійність елементів не залежить від того, в який момент вони включилися на місце основного;

полегшений – резервний елемент перебуває в менш навантаженому стані. Полегшене резервування — спосіб резервування елементів, при якій резервні елементи знаходяться в частково навантаженому стані і мають меншу інтенсивність відмов, ніж основні елементи. Полегшене резервування

використовується в радіоелектронній апаратурі. Граничними випадками полегшеного резервування є навантажене резервування і ненавантажене резервування.

ненавантажений не несе навантаження до включення.

Ненавантажене резервування — спосіб резервування елементів, при якому резервні елементи знаходяться у вимкненому стані і мають знехтовно малу інтенсивність відмови. У теорії систем з ненавантаженим резервуванням інтенсивність вважається рівною 0. Розрізняють невідновлювані і відновлювані системи з ненавантаженим резервуванням (рис. 5.5).

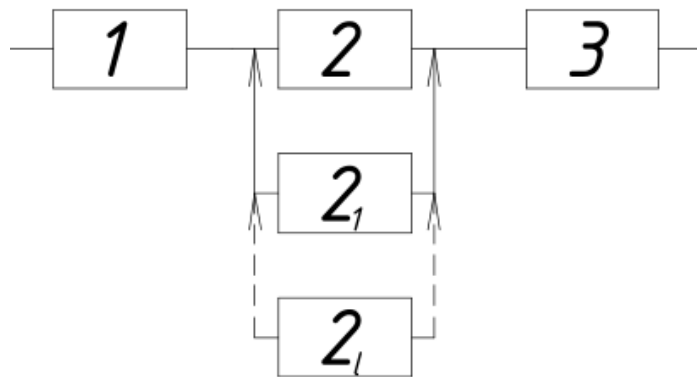


Рисунок 5.5 – Ненавантажене резервування

Тимчасове резервування - це спосіб підвищення надійності, при якому системою в процесі функціонування надається можливість витратити якийсь час, званий резервом, для відновлення технічних характеристик. Резерв часу можна витратити на перемикання структурного резерву, виявлення і усунення відмов, повторення робіт, знецінених відмовами, очікування завантаження в працездатному стані. Наприклад тимчасове резервування здійснюється шляхом влаштування, наприклад регулюючих ємностей наприкінці водовода для створення запасу води під час ліквідації аварії.

Контрольні питання

1. Поняття "елемента" і "системи".
2. Послідовне з'єднання елементів.
3. Паралельне з'єднання елементів.
4. Резервування елементів.
5. Види резервування.
6. Особливості загального резервування.
7. Особливості роздільного резервування.
8. Кратність резервування.
9. Класифікація за способом включення резерву.
10. Ковзаюче резервування.
11. Постійне резервування.
12. Динамічне резервування.

13. Навантажений резерв.
14. Полегшений резерв.
15. Ненавантажений резерв.
16. Тимчасове резервування.

ТЕМА 6 ПОКАЗНИКИ НАДІЙНОСТІ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Показники кількісно характеризують надійність об'єкта. Вид залежностей для обчислення параметрів надійності визначається конфігурацією і умовами експлуатації системи. Варто розрізняти за цією ознакою такі види об'єктів:

невідновлювальні – це об'єкти, які в процесі експлуатації не підлягають ремонту; при відмові такого об'єкта робота всієї системи буде порушена (наприклад, відмова греблі викликає відмову системи водопостачання);

відновлюваними є об'єкти, які при виконанні своїх функцій допускають ремонт (автомобілі, насоси).

Розрізняють одиничні і комплексні показники надійності. **Одиничний** показник кількісно характеризує тільки одну властивість надійності об'єкта (імовірність безвідмовної роботи, наробіток на відмову, інтенсивність відмов).

Комплексні показники кількісно характеризують не менш двох основних властивостей, що становлять надійність (наприклад, безвідмовність і ремонтпридатність): коефіцієнти готовності, простою і т.п.

При оцінці показників варто мати на увазі, що якщо випробовуються N_0 однотипних об'єктів (елементів), то випробування вважаються закінченими при відмові всіх об'єктів. При цьому замість елементів, що відмовили, нові або відремонтовані не ставляться. Надійність оцінюється наступними параметрами.

1. Ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$ – це ймовірність того, що в заданих умовах експлуатації протягом певного проміжку часу t не відбудеться жодної відмови елементів. Записується це в такий спосіб:

$$P(t) = P(T > t), \quad (6.1)$$

де t – проміжок часу, протягом якого визначається ймовірність безвідмовної роботи;

T – час роботи об'єкта (елемента) до першої відмови

Іноді $P(t)$ називають функцією надійності або коефіцієнтом безвідмовності.

Ймовірність безвідмовної роботи зі статистичних даних спостережень за відмовами оцінюється за формулою:

$$P(t) = \frac{N_0 - n_t}{N_0}, \quad (6.2)$$

де N_0 – кількість однотипних об'єктів на початку періоду випробувань t (наприклад, число однотипних насосів, машин і т.п.);

n_t – число елементів, що відмовили за час t .

Індекс $P(t)$ означає, що це статистична оцінка, а не сам параметр, тому що для одержання значення параметра необхідно, щоб $N_0 \rightarrow \infty$. Завжди $P(t) \leq 1$.

Наприклад, якщо через рік після початку робіт з 500 одиниць устаткування відмовило 100, то

$$P(t) = \frac{500 - 100}{500} = 0,8 .$$

2. Імовірністю відмови $Q(t)$ називається ймовірність того, що за певних умов експлуатації протягом заданого інтервалу часу T виникає хоча б одна відмова. Відмова і безвідмовна робота є несумісними і протилежними подіями. Імовірність відмови являє собою різницю

$$Q(t) = 1 - P(t) . \quad (6.3)$$

Для обчислення ймовірності відмови за даними спостережень використовується формула

$$Q(t) = \frac{n_t}{N_o} . \quad (6.4)$$

Для умов приклада для визначення $P(t)$ ймовірність відмови:

$$Q(t) = \frac{100}{500} = 0,2 .$$

3. Частота відмов $a(t)$ являє собою відношення числа елементів, що відмовили за одиницю часу до початкового числа елементів:

$$a(t) = \frac{n_{\Delta t}}{N_o \cdot \Delta t} , \quad (6.5)$$

де $n_{\Delta t}$ – число елементів, що відмовили, в інтервалі Δt часу ;

Δt – величина тимчасових інтервалів, на які розбитий період спостереження t .

Дуже часто Δt приймають рівним одному року для споруд і одному місяцю для устаткування; для насосів $\Delta t = 500$ годин. Період спостереження t може бути прийнятий рівним терміну служби об'єкта. При цьому протягом терміну служби в кожному відрізку Δt може бути своя величина $a(t)$ частоти відмов.

За визначенням частота відмов являє собою щільність розподілу часу роботи елемента або об'єкта до першої відмови, тобто:

$$a(t) = f(t) = -p_B(t) = Q_B(t) \quad (6.6)$$

$$Q(t) = \int_0^t a(t) dt ; p(t) = 1 - \int_0^t a(t) dt \quad (6.7)$$

Частота відмов має розмірність, зворотну часу (1/рік або 1/міс.).

4. Інтенсивністю відмов $\lambda(t)$ називається відношення числа елементів, що відмовили, в одиницю часу до середнього числа елементів, що справно працювали в даний відрізок Δt часу .

$$\lambda(t) = \frac{n_{\Delta t}}{N_{cp} \cdot \Delta t} . \quad (6.8)$$

$$N_{cp} = \frac{N_i + N_{i+1}}{2} , \quad (6.9)$$

де N_i і N_{i+1} – число справно працюючих елементів, на початку і наприкінці відрізка часу Δt .

Інтенсивність відмов також має розмірність, зворотну часу t (1/рік), тобто шт./рік.

Теоретично ж інтенсивність відмов являє собою умовну ймовірність відмови елементів і інтервалі часу $(t; t+\Delta t)$ за умови, що до моменту часу t елементи працювали безвідмовно.

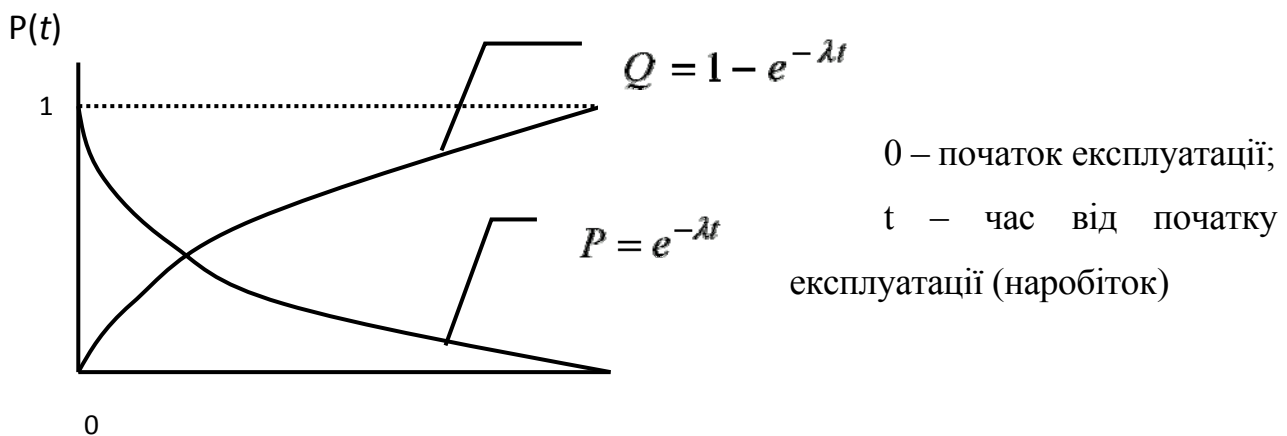
$$\lambda(t) = \frac{a(t)}{P(t)} = \frac{f(t)}{P(t)} = -\frac{P'(t)}{P(t)} = -\frac{dP}{dtP(t)}, \quad (6.10)$$

$$\text{звідси } \lambda(t)dt = -\frac{dP}{P(t)}; \int_0^t \lambda(t)dt = -\ln P(t). \quad (6.11)$$

Іноді $\lambda(t)$ називають небезпекою виникнення відмов.

Інтенсивність відмов і ймовірність безвідмовної роботи пов'язані між собою залежністю:

$$P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t)dt}; \text{ якщо } \lambda=\text{const, те } P(t) = e^{-\lambda \cdot t}. \quad (6.12)$$



Таким чином, функція надійності підкорюється експонентному закону. Чим більше термін експлуатації, тим нижче надійність елементів.

Імовірність появи m відмов за час t визначається за законом Пуассона:

$$P_m(t) = \frac{(\lambda t)^m}{m!} e^{-\lambda t}. \quad (6.13)$$

$m=1,2,3\dots n$

При $m=0$ одержимо ймовірність безвідмовної роботи

$$P(t) = e^{-\lambda t}$$

5. Середнім наробітком до першої відмови або середнім часом безвідмовної роботи T_{cp} називають величину

$$T_{cp} = \int_0^{\infty} P(t)dt. \quad (6.14)$$

На практиці величину T_{cp} визначають за формулою:

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{N_0} t_i}{N_0}, \quad (6.15)$$

де t_i – час безвідмовної роботи i -го елемента (до першої відмови).

Показники надійності відновлюваних елементів

У цьому випадку елементи, що відмовили, негайно замінюються справними (новими або відремонтованими). Кількісними характеристиками надійності є: параметр потоку відмов і наробіток на відмову.

1. Параметром потоку відмов $\omega(t)$ називається відношення числа елементів, що відмовили, в одиницю часу до числа випробовуваних елементів за умови, що всі елементи, що вийшли з ладу, замінюються справними.

$$\omega(t) = \frac{n_{\Delta t}}{N \Delta t}, \quad (6.16)$$

де $n_{\Delta t}$ – число елементів, що відмовили, в інтервалі часу t ;

N – число випробовуваних елементів;

Δt – величина інтервалу часу.

Іноді $\varpi(t)$ називають **середньою частотою відмов**.

По визначенню $\varpi(t)$ близько за змістом величині $\lambda(t)$, однак теоретично доведено, що $\omega(t) = \lambda(t)$, тільки при $\lambda(t) = \text{const}$. У техніці найчастіше ці параметри не розділяються, що може привести до помітних помилок, незважаючи на їх схожість. Проте, у практиці розрахунків надійності поняття «інтенсивність відмов» застосовується і для відновлюваних виробів замість параметра потоку відмов. Численні дослідні дані показують, що функція $\lambda(t)$, має три характерних періоди (рис. 6.1).

Перший період від 0 до T_n , є періодом припрацювання коли відмовляють ті елементи, які мають серйозні дефекти. Інтенсивність відмов досить велика, але швидко зменшується. Час T_n називається періодом припрацювання.

Другий період від T_n до T_u називають періодом нормальної роботи. Він характеризується невеликою постійною величиною інтенсивності відмов. Час T_u – називають часом початку старіння і зношування.

Третій період при $t > T_u$ є періодом старіння та зношування елементів. Термін служби елементів повинен прийматися не більш ніж T_u . Тоді при невеликій величині періоду припрацювання можна вважати λ величиною постійної, і звідси можна вважати $\varpi(t) = \lambda(t) = \text{const}$. Така залежність характерна для ремонтіваних і неремонтованих виробів у більшості технічних систем.

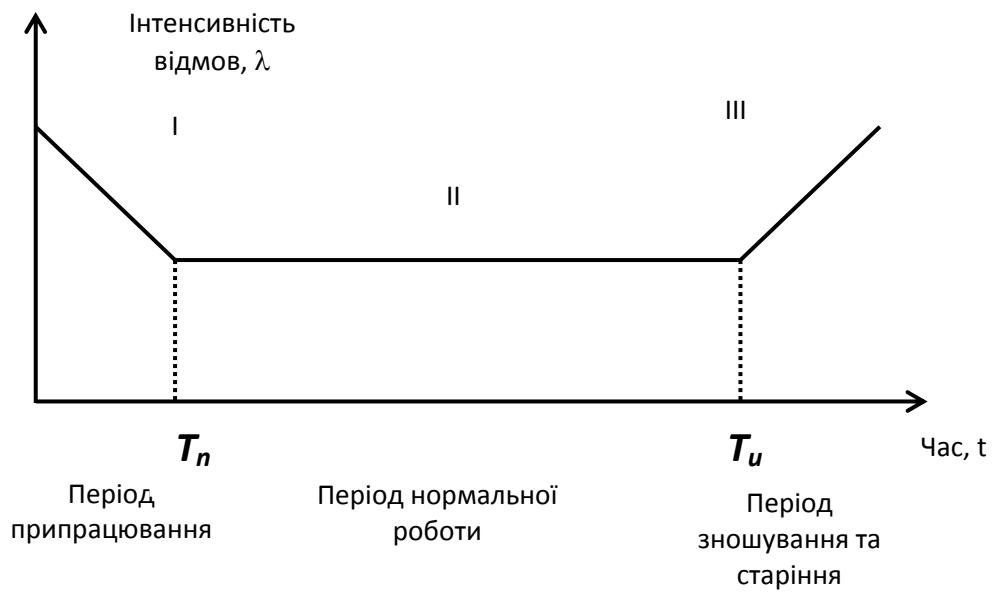


Рисунок 6.1— Характерна залежність інтенсивності зношування від часу експлуатації

Знаючи величину $\omega(t)$ можна знайти ймовірність того, що за час t відбудеться m відмов (за законом Пуасона).

$$P_m(t) = \frac{(\omega \cdot t)^m}{m!} e^{-\omega t} \quad (6.17)$$

$m=0,1,2,\dots,n$ при $m=0$ одержуємо

$P(t) = e^{-\omega t}$, тобто звичайну формулу для ймовірності безвідмовної роботи.

2. Наробітком на відмову t_{cp} називають середнє значення часу роботи елементів між сусідніми відмовами.

$$t_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} \quad (6.18)$$

де t_{cp} — час справної роботи елемента між i -ю та $i+1$ -ю відмовами;

n — число відмов за якийсь час t (період спостережень).

Наробіток на відмову є середнім часом між сусідніми відмовами і дорівнює величині, зворотній середній частоті відмов

$$t_{-p} = \frac{1}{\omega(t)}, \text{ при цьому } \lim_{t \rightarrow \infty} t_{-p} = T_{-p}. \quad (6.19)$$

Тобто наробіток на відмову прагне до середнього часу безвідмовної роботи T_{cp} .

Комплексні показники безвідмовності і ремонтпридатності

Коефіцієнт готовності K_G – ймовірність того, що об'єкт буде перебувати в працездатному стані в будь-який довільний момент часу t з початку експлуатації, крім періодів, коли робота об'єкта не передбачається, тобто K_G – це ймовірність застати об'єкт у справному стані.

$$K_G = \frac{t_{cp}}{t_{cp} + T_{\theta}} \quad (6.20)$$

де t_{cp} – середній час між відмовами (наробіток на відмову);

T_{θ} – середній час відновлення.

Поняття коефіцієнта готовності використовується для систем, які допускають перерви у своїй роботі. Системи комунального господарства не повинні допускати перерви і тому коефіцієнт готовності для оцінки їхньої надійності не придатний.

Коефіцієнт простою

$$K_n = 1 - K_z = \frac{T_{\theta}}{t_{cp} + T_{\theta}}. \quad (6.21)$$

У практичних розрахунках ці параметри розраховуються за формулами:

$$K_G = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n t_i + \sum_{i=1}^n t_{\theta i}}; K_n = \frac{\sum_{i=1}^n t_{\theta i}}{\sum_{i=1}^n t_i + \sum_{i=1}^n t_{\theta i}}; \quad (6.22)$$

де t_i – тривалість справної роботи об'єкта між i -м і $(i+1)$ відмовами;

$t_{\theta i}$ – тривалість відновлення об'єкта після i -ої відмови.

Ці параметри дозволяють оцінити як надійність об'єкта, так і рівень експлуатації (ремонту). На практиці застосовуються відносно рідко.

Показники ремонтпридатності елементів

У техніці досить часто використовують спрощене визначення відновлювальних і невідновлювальних елементів (об'єктів). **Відновлювальним** об'єкт вважається в тому випадку, якщо проведення відбудовних робіт для нього передбачено в нормативно-технічній документації.

Невідновлювальний елемент – елемент для якого таке відновлення не передбачене.

Як параметри ремонтпридатності використовуються: ймовірність відновлення, ймовірність невідновлення, частоту відновлення, інтенсивність відновлення і час відновлення.

1. Ймовірність відновлення $F_{\theta}(t)$ – це ймовірність того, що в заданих умовах експлуатації відновлення елемента буде закінчено протягом певного (нормативного) проміжку часу t , тобто час τ від моменту початку відшукування несправності до її усунення повинне бути менше або дорівнювати t . Записується це в такий спосіб:

$$F_{\theta}(t) = P(\tau \leq t). \quad (6.23)$$

Від цього параметра походить – **імовірність невідновлення** за час t , це протилежний параметр.

$$V_{\epsilon}(t) = 1 - F_{\epsilon}(t) = P(\tau \geq t). \quad (6.24)$$

На практиці величини цих параметрів обчислюють за результатами спостережень або випробувань

$$F_{\epsilon}(t) = \frac{n_{\epsilon,t}}{N_{om}}; V_{\epsilon}(t) = \frac{N_{om} - n_{\epsilon,t}}{N_{om}}, \quad (6.25)$$

де N_{om} – кількість однотипних елементів, що підлягають ремонту протягом часу t ;

$n_{\epsilon,t}$ – число відремонтованих елементів за час t .

2. Частота відновлення $\nu(t)$ являє собою щільність розподілу тривалості ремонту елементів до відновлення. На практиці за даними випробувань її визначають за формулою:

$$\nu^*(t) = \frac{n_{\epsilon,\Delta t}}{N_{om} \cdot \Delta t} \text{ теоретично } f_{\epsilon}(t) = \frac{dF_{\epsilon}}{dt}, \quad (6.26)$$

де $n_{\epsilon,\Delta t}$ – число відновлюваних елементів у проміжку часу (інтервалі) Δt ;

Δt – величина інтервалів, на які розділений період ремонту елементів.

3. Інтенсивність відновлення (швидкість)

$$\mu(t) = \frac{n_{\epsilon,\Delta t}}{N_{om,cp} \cdot \Delta t}, N_{om,cp} = \frac{N_i + N_{i+1}}{2}. \quad (6.27)$$

де $N_{om,cp}$ – середнє число елементів, що потребують ремонту в інтервалі часу Δt ;

N_i і N_{i+1} – число елементів, що ремонтуються на початку та в кінці інтервалу Δt ;

Теоретично:

$$\mu(t) = \frac{f_{\epsilon}(t)}{1 - F_{\epsilon}(t)} = \frac{aF_{\epsilon}}{dt(1 - F_{\epsilon})}. \quad (6.28)$$

Розмірність $\mu = [1/\text{рік}; 1/\text{година}, 1/\text{с}]$. Ймовірність відновлення пов'язана з μ співвідношенням

$$F_{\epsilon}(t) = 1 - e^{-\int_0^t \mu(t) dt}; \nu(t) = \mu(t) \cdot e^{-\int_0^t \mu(t) dt}. \quad (6.29)$$

Величину $\mu(t)$ прийнято вважати **основним показником** ремонтопридатності елементів технічних систем.

4. Середній час відновлення T_{ϵ} являє собою середнє арифметичне величин тривалості ремонту t_{ϵ}

$$T_i = \frac{\sum_{i=1}^{N_{om}} t_{ei}}{N_{om}}, \quad (6.30)$$

де t_{ei} – тривалість відновлення i -го елемента.

Контрольні питання

1. Види показників (параметрів) надійності.
2. Невідновлювальні об'єкти.
3. Відновлювальні об'єкти.
4. Одиничні і комплексні показники надійності.
5. Показники надійності не відновлювальних елементів.
6. Імовірність безвідмовної роботи.
7. Імовірність відмови.
8. Залежність імовірності відмови і безвідмовної роботи.
9. Частота відмов.
10. Інтенсивність відмов.
11. Середній наробіток до першої відмови.
12. Параметр потоку відмов.
13. Середня частота відмов.
14. Три характерних періоди роботи елементів.
15. Наробіток на відмову.
16. Поняття коефіцієнта готовності.
17. Поняття коефіцієнта простою.
18. Показники ремонтпридатності елементів.
19. Ймовірність відновлення.
20. Ймовірність невідновлення.
21. Частота відновлення.
22. Інтенсивність відновлення.
23. Середній час відновлення.

ЗМ 2 ПІДВИЩЕННЯ СТУПЕНЯ БЕЗПЕКИ ТА НАДІЙНОСТІ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ

ТЕМА 7 ОСНОВНІ ЦІЛІ ТА ЗАДАЧІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Основними завданнями служб експлуатації систем водопостачання є:

а) забезпечення безперебійної, надійної та ефективної роботи всіх елементів систем водопостачання - водозабірних та очисних споруд, водогінної мережі, резервуарів і водонапірних башт, насосних станцій;

б) забезпечення водою питної якості, що задовольняє вимогам робочої програми виробничого контролю;

в) здійснення виробничого контролю за якістю води на всіх етапах технологічного циклу

Водозабірні споруди

Основними завданнями експлуатації водозабірних споруд є:

а) систематичний контроль за станом джерел водопостачання і роботою споруд та устаткування, а також облік контрольованих показників з реєстрацією їх у спеціальних журналах;

б) облік кількості води, що забирається із джерел, і контрольованих показників її якості;

в) проведення планових оглядів і ремонтів споруд та устаткування, своєчасне усунення порушень та аварій.

Водозабірні споруди поверхневих джерел водопостачання

У процесі експлуатації водозабірних споруд поверхневих джерел водопостачання (річкових русел, водоймищ) персонал зобов'язаний:

а) проводити систематичне спостереження за станом джерела водопостачання (якість води і санітарний стан водного об'єкта, рівень води в ньому, зміна фарвату, стан берегів, рух наносів і замулення, зимовий режим водного об'єкта - льодостав, льодохід, шуга, донний лід, стан водної рослинності і ін.);

б) здійснювати постійний контроль за роботою водозабірних споруд: водоприймачів, ковшової частини, рибо-шуго-наносозахисних пристроїв, самопливних і сифонних ліній, берегового колодязя і його елементів, насосних агрегатів, гідротехнічних споруд;

в) виконувати своєчасне промивання та очищення споруд, устаткування та комунікацій від наносів і засмічень плаваючими предметами, водоростями, льодом, шугою і т.д.

Водозабірні споруди підземних джерел водопостачання

У процесі експлуатації водозабірних споруд підземних джерел водопостачання персонал зобов'язаний:

а) проводити систематичні спостереження за станом джерела водопостачання (рівнів води по спостережливих свердловинах режимної мережі і якості підземних вод у межах першого пояса зони санітарної охорони);

б) здійснювати постійний контроль за роботою водозабірних споруд і устаткування (дебіту експлуатаційних свердловин та якості води, динамічного рівня при роботі водопідйомного устаткування та умовно статичного рівня при зупинці свердловини);

в) забезпечити задані режими роботи експлуатаційних свердловин і насосних агрегатів.

Очисні споруди та установки

Основним завданням служб експлуатації очисних споруд (ОС) водопроводу є виробництво води питної якості, що задовольняє вимогам, як і забезпечення на належному рівні технологічної та санітарно-гігієнічної надійності роботи як усього комплексу споруд, так і окремих установок.

Важливою умовою експлуатації ОС є їхня рівномірна робота протягом доби та року по кількості оброблюваної на них води.

Контроль якості води у виробничих умовах варто здійснювати на підставі робочої програми виробничого контролю якості води. Відбір, консервація, зберігання та транспортування проб води для аналізу виконуються відповідно до стандарту.

Якість питної води тісно пов'язана з контролем її безпеки з фізико-хімічних, епідемічних, радіологічних показників, а також зі сприятливими органолептичними властивостями. Безпека питної води в епідемічному відношенні може бути охарактеризована по мікробіологічним, вірусологічним, паразитологічним і біологічним показникам. Нормативи з мікробіологічних і паразитологічних показників наведені в таблиці 7.1

Таблиця 7.1 – Нормативи з мікробіологічних і паразитологічних показників

Показники	Одиниці вимірювання	Нормативи
Термотолерантні коліформні бактерії	Число бактерій в 100 мл	Відсутні
Загальні коли формні бактерії	Число бактерій в 100 мл	Відсутні
Загальне мікробне число	Число колоноутворюючих бактерій в 1 мл	Не більше 50
Коліфаги	Число бляшкоутворюючих одиниць в 100 мл	Відсутні
Спори сульфатредуючих клостридій	Число спор в 20 мл	Відсутні
Цисти лямблій	Число спор в 20 мл	Відсутні

На жаль, існуючі методи моніторингу епідеміологічної безпеки джерела та питної води не завжди можуть гарантувати зниження ризику виникнення інфекційного захворювання в людини та можливої небезпеки інфікування води. За біологічними показниками питна вода не повинна містити патогенних кишкових найпростіших і гельмінтів. Питна вода повинна бути безпечна в епідемічному та радіаційному відношенні, нешкідлива по хімічному складу та мати сприятливі органолептичні властивості (далі - вимоги до якості питної води).

Все більша увага в цей час приділяється безпеці в радіаційному відношенні. У питній воді радіоактивні речовини можуть виявлятися при радіаційному забрудненні джерела водопостачання та низкою ефективності очищення на водопровідних спорудах. По міжнародних рішеннях фахівців у даній сфері радіоактивність питної води повинна підтримуватися в безпечних межах (0,1-1,0 Бк/л).

Контроль зазначених показників безпеки води повинен проводитися лабораторією в місцях водозаборів, у процесі її обробки, перед надходженням у мережу, а також у самій мережі та у водоспоживачів.

Експлуатаційні спеціалізовані служби і служби санітарно-епідеміологічного нагляду здійснюють контроль якості води за графіком.

Реагентне господарство

При експлуатації реагентних цехів персонал зобов'язаний:

- а) вчасно приготувати задану кількість розчинів реагентів необхідної концентрації;
- б) ввести реагенти у воду з дотриманням установлених доз, послідовності і інтервалів часу між їхнім введенням;
- в) систематично спостерігати за справністю пристроїв готування і дозування реагентів, засобів контролю і автоматизації;
- г) вчасно передавати замовлення на одержання реагентів з урахуванням установленого порядку їхньої витрати та місткості складів;
- д) вести систематичний облік і контроль витрати і якості реагентів.

Водоводи та водогінна мережа

Водоводи та водогінна мережа (далі - мережа) повинні забезпечити безперебійне та надійне постачання споживачів водою, що по своїй якості відповідає вимогам стандарту. У завдання технічної експлуатації мережі входять:

- а) нагляд за станом мережі, споруд, пристроїв і устаткування на ній, технічний стан мережі;
- б) розробка заходів щодо вдосконалювання системи подачі та розподілу води, а також заходів щодо запобігання перерв у подачі води в несприятливо розташовані райони та мікрорайони при аварійних ситуаціях; виконання перемикачів на мережі відповідно до вказівки диспетчера або іншої структури керування з метою встановлення оптимального режиму роботи системи при фактичному водоспоживанні і його прогнозованих змінах у майбутньому періоді часу;
- в) організація та проведення планово-попереджувальних і капітальних ремонтів на мережі, ліквідація аварій з мінімальними витратами та строками;
- г) ведення технічної документації та звітності;
- д) аналіз умов роботи мережі, підготовка пропозицій по вдосконаленню системи та керуванню її роботою, застосуванню нових типів конструкцій труб і трубопровідної арматур, нових методів відновлення і ремонту трубопроводів;
- е) збір, зберігання та систематизація даних по всіх ушкодженнях та аваріях на мережі, спорудах на ній, з метою аналізу їхніх причин, оцінки та контролю показників надійності;
- ж) забезпечення ефективного функціонування установок електрозахисту металевих труб від корозії.

Насосні станції

Водопровідні насосні станції повинні забезпечувати безперебійну подачу води споживачеві при дотриманні заданого напору в контрольних точках водогінної мережі відповідно до реального режиму водоспоживання і з урахуванням необхідності мінімізації енерговитрат. Режими роботи насосних станцій повинні бути взаємопов'язані з режимами роботи системи водопостачання та водовідведення в цілому; при цьому враховуються режими

роботи інших споруд: водопровідних і каналізаційних мереж, резервуарів, очисних споруд і ін.

Експлуатаційний персонал насосних станцій зобов'язаний:

а) підтримувати заданий режим роботи насосної станції, забезпечуючи мінімальну витрату електроенергії або палива у випадку використання теплових двигунів: дизелів, газових турбін і т.п.;

б) контролювати стан і робочі параметри основних насосних агрегатів, гідромеханічних пристроїв (засувки, затворів, зворотних клапанів), гідравлічних комунікацій, електроустаткування, контрольно-вимірювальних приладів, засобів автоматизації та диспетчерського керування, а також конструкцій будинку.

в) запобігати виникненню несправностей та аварійних ситуацій, а у випадку їхнього виникнення вживати заходів до усунення та ліквідації аварій відповідно до планів ліквідації аварійних ситуацій підрозділів;

г) дотримуватися вимог техніки безпеки і охорони праці.

Крім того, розробка інструкції для експлуатації насосних станцій, встановленого на них устаткування та систем повинна виконуватися відповідно до інструкцій заводів-виготовлювачів відповідно до особливостей експлуатації даної станції.

Суворе та систематичне проведення заходів щодо експлуатації мереж і споруд систем комунального водопостачання створює стабільні умови для підвищення надійності її роботи та забезпечує безпеку водопостачання всіх категорій водоспоживачів, особливо населення.

Контрольні питання

1. Основні завдання служб експлуатації систем водопостачання.
2. Основні завдання експлуатації водозабірних споруд.
3. Водозабірні споруди поверхневих джерел водопостачання.
4. Водозабірні споруди підземних джерел водопостачання.
5. Очисні споруди та установки.
6. Реагентне господарство.
7. Насосні станції.

ТЕМА 8 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ТА СТАБІЛЬНОСТІ РОБОТИ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Термін експлуатації водогінних мереж, що є основним елементом систем водопостачання, для більшості міст України становить більше 40-50 років. Це говорить про те, що вони виробили свій технічно припустимий амортизаційний термін, що гарантує їхню надійну експлуатацію. У результаті фізичного зношування трубопроводів та арматури щорічно має місце тенденція збільшення кількості проривів, відключень та аварій, а отже і втрат води.

Як показує практика, особливі складності створюють аварії на головних магістральних мережах систем водопостачання, які приводять до серйозних техногенних наслідків, на тривалий час порушуючи водопостачання частини

територій міста, залишаючи без води населення.

Основні фактори, що впливають на технічний стан водогінних мереж і споруд, представлені на рисунку 8.1. Значний негативний вплив на технічний стан водогінних мереж і споруд мають будівництво та ремонт доріг з відхиленням від проектних рішень. Збільшення динамічних навантажень на водопровідну лінію або споруди в сполученні з порушеннями вимог з їх прокладання приводить до виникнення аварійних ситуацій.



Рисунок 8.1 - Фактори, що впливають на технічний стан водогінних мереж

На даний момент прокладання внутрішнього водопроводу та каналізації здійснюється згідно ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація»; Частина I проектування; Частина II Будівництво. Проектування та монтаж мереж водопостачання та каналізації з пластикових труб здійснюється згідно національного стандарту України ДСТУ - Н Б У.2.5 40:2009.

Для оцінки порушень у роботі мереж водопроводу проведений статистичний аналіз більше 3000 аварій (рис. 8.2, 8.3, 8.4) який показав, що 77 % з них доводиться на чавунні труби, що становлять 2/3 всієї довжини трубопроводних мереж, причому 41 % пов'язаний з розривом швів та 44 % - з деформацією ґрунту.

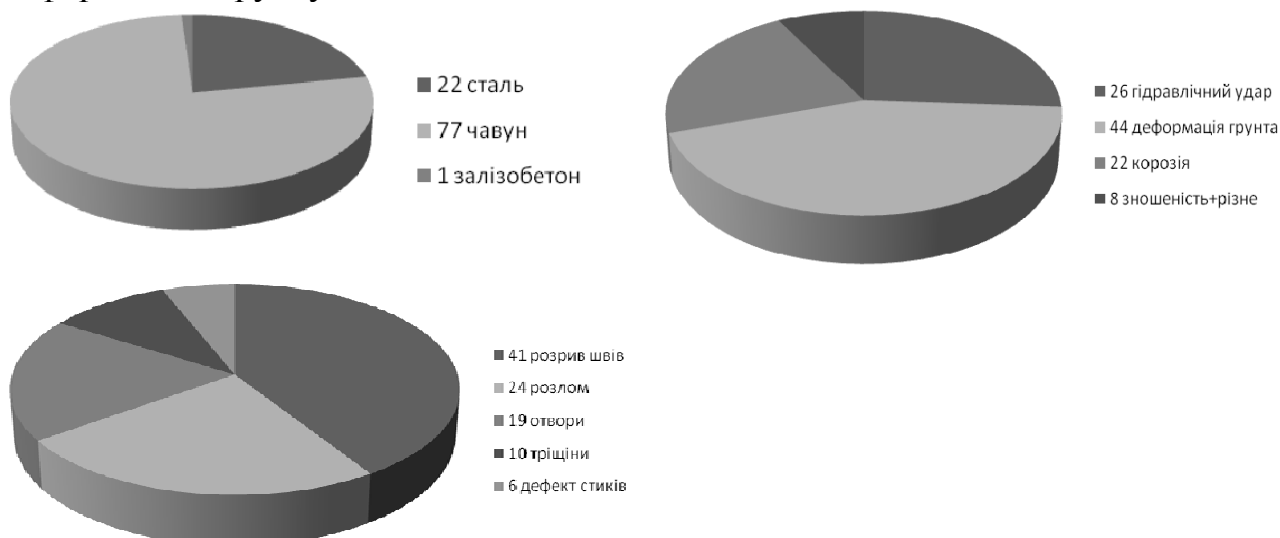


Рисунок 8.2-8.4 - Статистичний аналіз аварій на водопровідній мережі

Аналіз причин аварій на трубопроводах показав, що причиною розривів швів у більшості випадків є гідравлічний удар, а причиною утворення наскрізних отворів - корозія матеріалу труб (85 %). У той же час основною причиною розламів і тріщин у трубопроводах є деформація ґрунту.

Аналіз ушкоджень, пов'язаних з гідравлічним ударом (рис. 8.5), показав, що в основному аварії цього виду відбуваються на трубопроводах малого (до 300 мм) діаметра.

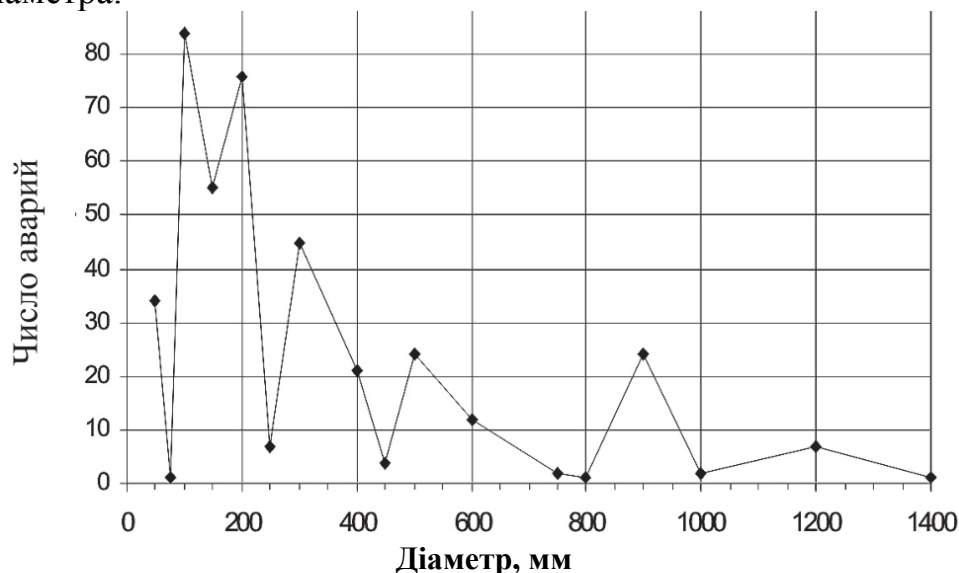


Рисунок 8.5 - Аналіз ушкоджень, пов'язаних з гідравлічним ударом

Згідно статистичних даних, аварії на трубах великого діаметра (1000–1200 мм) відбуваються рідше, ніж на трубах середнього діаметра. Проте, аварії на трубах великого діаметра, завдають більшої шкоди безпеці роботи системі водопостачання. Ушкодження дорожніх покриттів, розмиви, пошкодження інженерних комунікацій, що проходять поруч, більші втрати води, створюють додаткові складності в локалізації ушкоджених ділянок і приводять до порушення водопостачання. Як правило, експлуатаційні терміни відновлення таких трубопроводів не витримуються.

З ушкоджень, пов'язаних з корозією матеріалу труб, основна частина доводиться на сталеві труби, прокладені більше 20 років тому. Слід зазначити, що трубопроводи, покладені в період 1971-1985 р., є менш міцними, що, очевидно, пов'язано як з якістю матеріалу, так і з умовами проведення робіт. Статистичних даних про аварії на трубах з поліетилену не має, тому в даному аналізі вони не розглядаються. За останні дев'ять років відомо декілька випадків ушкоджень, що виникли в сполучних муфтах (поліетилен - метал).

Водопровідні мережі та споруди

Зовнішня водопровідна мережа міста призначена як для транспортування води, так і для її розподілу споживачам. Водопровідна мережа є найбільш витратним елементом системи водопостачання, на її частку припадає більше половини загальних витрат на влаштування водопроводу міста. Ефективність роботи водопровідної мережі визначається надійністю та безперебійністю її роботи, ступенем забезпеченості розрахункових витрат і вільних напорів у

споживачів, витратами енергії на транспортування води та збереженням її якості в процесі транспортування.

Використання води поверхневих джерел для водопостачання населення вимагає поліпшення її якості. На даний момент якість питної води, що споживається населенням повинна відповідати ДСанПін 2.2. 4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» від 01.07.2010. У практиці водопостачання використовується різні методи обробки води на очисних спорудах водопроводу. Під обробкою розуміється не тільки видалення з води небажаних домішок та її знезараження, але і додавання у воду відсутніх інгредієнтів. Процеси обробки води розглянемо на прикладі роботи станції очищення води для господарсько-питних цілей, схема якої наведена на рисунку 8.6.

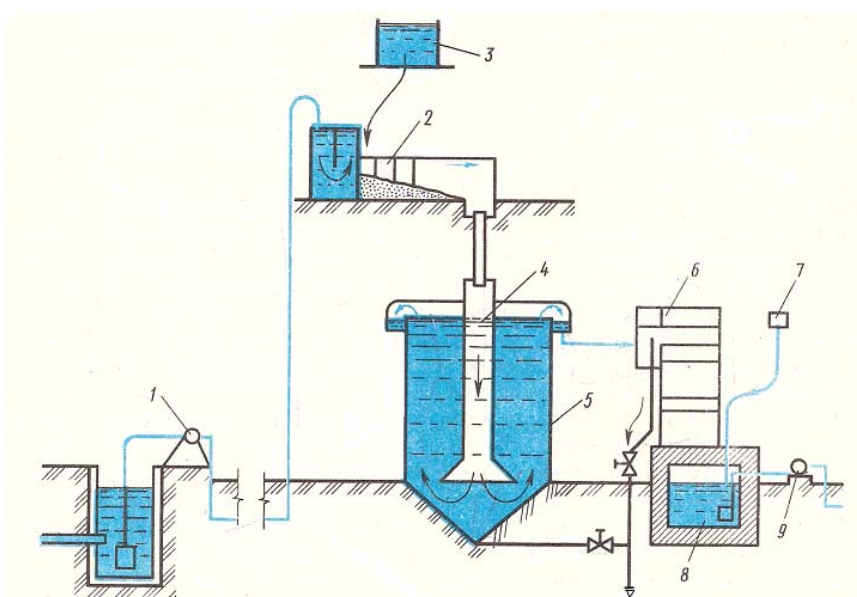


Рисунок 8.6 – Схема очисної станції водопроводу: 1 - насосна станція першого підйому; 2 - змішувач; 3 - реагентне господарство; 4 - камера реакції; 5 - вертикальний відстійник; 6 - фільтри; 7 - установка для вироблення знезаражувального агента; 8 - резервуар чистої води; 9 - насосна станція іншого підйому

Насосами насосної станції першого підйому 1 вода подається в приймальний резервуар змішувача 2, у якому до води підмішується розчин реагенту, який готується в реагентному господарстві 3. Призначення реагенту полягає в інтенсифікації процесу коагуляції (укрупнення суспензій) і їх подальшого осадження. У камері реакції 4 у результаті взаємодії реагенту з солями, розчиненими у воді, протікає процес утворення пластівців і осадження суспензії на пластівцях.

У відстійнику 5 відбувається осадження домішок при малій швидкості руху води, величина якої залежить від конструкції відстійника. У фільтрах 6 відбувається очищення води в результаті її фільтрації через шар дрібнозернистого матеріалу - кварцового піску, дробленого антрациту та ін. За швидкістю руху води у фільтрах їх поділяються на повільні, швидкі, і

надшвидкість. Повільні і швидкі фільтри виробляються відкритими безнапірними, а надшвидкісні - закритими напірними. На станціях очищення великої продуктивності застосовуються швидкі і надшвидкісні фільтри. Фільтри потребують періодичної промивання для видалення забруднень фільтруючого матеріалу, що утворилися в результаті фільтрації води.

Процеси обробки води у відстійниках і фільтрах дозволяють разом з очищенням води видалити з неї значну частину бактерій і вірусів. Частину нейтралізують у процесі знезараження води.

На станціях очищення води великої продуктивності знезараження здійснюється впливом на воду сильних окислювачів, у якості яких застосовується хлор та озон.

Як показує практика, багато з порушень роботи очисних споруд залежали в першу чергу від змін якості води в джерелах водопостачання. Так, практично щорічно в періоди інтенсивного танення снігів (весняних паводків) до водозаборів приносяться значні додаткові забруднення різного походження.

Інші причини відмов і порушень у роботі водопровідних споруд і систем подачі води пов'язані з технічним станом споруд та устаткування.

Прикладами порушення роботи водопровідної станції є: руйнування частини резервуарів, зупинка блоку вертикальних відстійників через промерзання стін, зупинка водозабору сифонного типу через влучення в прийомну камеру дрібної риби, затоплення встаткування насосної станції у зв'язку з людським фактором і т.п.

Водоводи призначені тільки для транспортування води, споживачі води до них не приєднуються. По водоводах першого підйому вода транспортується від водозабору до водоочисного комплексу, по водоводах другого підйому питна вода транспортується від водоочисного комплексу до водопровідної мережі міста. Для підвищення надійності водопостачання водоводи прокладають у дві і більше нитки паралельно один одному. Для водоводів передбачаються санітарно-захисні смуги.

За конфігурацією в плані водопровідні мережі поділяються на розгалужені (тупикові), кільцеві, і комбіновані. Ступінь надійності прямо залежить від конфігурації мережі

Тупикові мережі (рис. 8.7) прокладаються до споживачів по найкоротшій відстані та вимагають мінімальних, у порівнянні з кільцевими і комбінованими мережами, витрат на облаштування мережі. Принциповим недоліком тупикових мереж є низька надійність водопостачання, обумовлена тим, що при аварії на будь якій ділянці трубопроводної системи припиняється подача води всім споживачам, розташованим за місцем аварії за рухом води.

Кільцеві мережі (рис. 8.8) вигідно відрізняються від тупикових більшою надійністю водопостачання, так як у них передбачена можливість подачі води споживачам в обхід аварійної ділянки, однак досягається це за рахунок збільшення загальної протяжності водопровідних мереж та їх подорожчання.

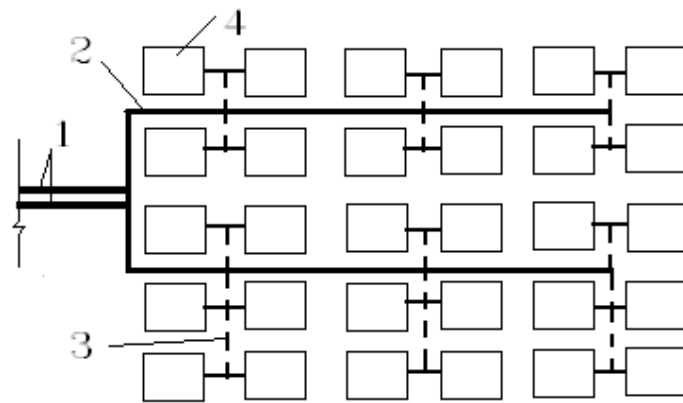


Рисунок 8.7- Тупикові водопровідні мережі: 1 - водоводи; 2 - магістральні водопроводи, 3 - розподільні трубопроводи; 4 - квартали забудови.

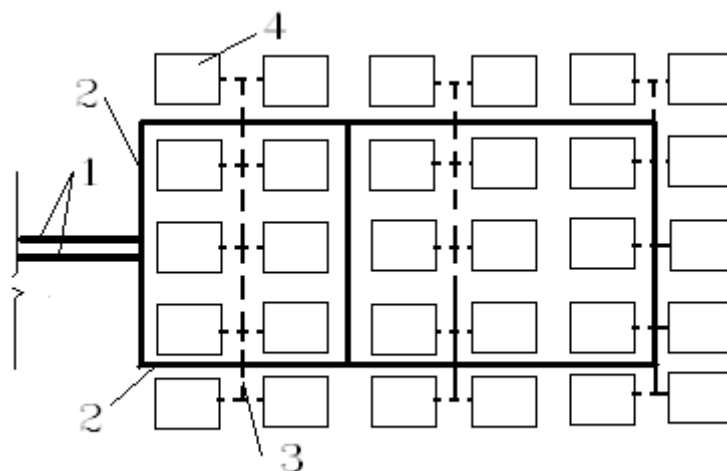


Рисунок 8.8 - Кільцеві водопровідні мережі: 1 - водоводи; 2 - магістральні водопроводи, 3 - розподільні трубопроводи; 4 - квартали.

Комбіновані мережі (рис. 8.9) являють собою поєднання кільцевих і тупикових мереж у складі єдиної системи водопостачання поселення.

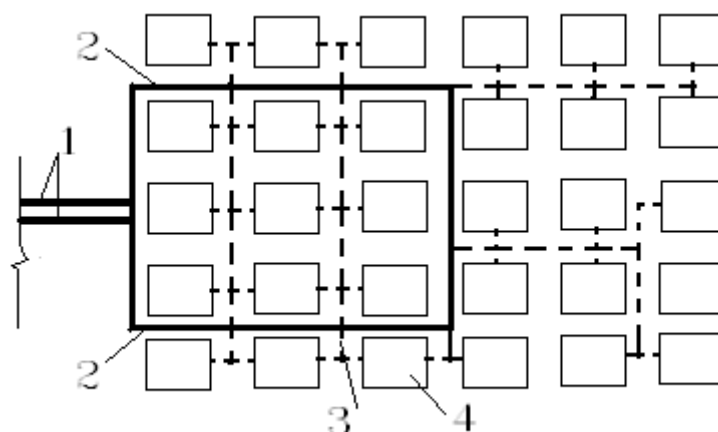


Рисунок 8.9 - Комбіновані водопровідні мережі: 1 - водоводи; 2 - магістральні водопроводи, 3 - розподільні трубопроводи; 4 - квартали.

При виборі конфігурації водопровідних мереж необхідно враховувати, що вони повинні бути кільцевими. Тупикові лінії водопроводів господарсько-

питного призначення допускається застосовувати тільки при діаметрі труб не більше 100 мм або при довжині ліній не більше 200 м.

При визначенні трасування та глибини закладення водопровідних мереж при підземному прокладанні необхідно враховувати умови їх перетину з іншими підземними спорудами та комунікаціями.

З метою захисту ліній водопроводу від зовнішніх впливів, а також для запобігання негативного впливу аварій і протікання на водопровідних мережах, обмежують мінімальні відстані від зовнішньої поверхні водопровідних труб до будівель, споруд та інших зовнішніх інженерних мереж.

Водопровідні труби

Водопровідні труби повинні відповідати ряду вимог, головні з яких:

- безпека в санітарному відношенні;
- достатня міцність, що забезпечує збереження трубопроводів при впливі на них тиску води, ґрунту і транспортних навантажень;
- довговічність і стійкість до агресивного впливу ґрунту та ґрунтових вод;
- гладкість внутрішньої поверхні труб, що забезпечує їх низький гідравлічний опір;
- герметичність труб та їх з'єднань;
- помірна вартість.

Для водопровідних мереж доцільно застосовувати неметалеві труби (залізобетонні, азбестоцементні, пластмасові та ін.) Останнім часом широкого поширення набули пластмасові труби, що вигідно відрізняються міцністю, довговічністю, низьким гідравлічним опором і гарними теплотехнічними характеристиками. До переваг пластмасових труб можна віднести також високу ступінь механізації робіт з їх прокладки.

Аналіз вимог та правил по нормуванню експлуатаційних заходів для систем водопостачання.

На вимогу замовника-забудовника до складу документації на будинки і споруди повинна додатково включатися інструкція до експлуатації. Вона повинна містити вимоги і положення, необхідні для забезпечення безпеки будинків і споруд у процесі експлуатації. Ці дані можуть бути представлені у вигляді копій виконавчої документації.

Вимоги по нормуванню експлуатаційної діяльності об'єктів водопостачання досить добре розроблені і знаходять ефективне застосування на регіональному рівні. Кожен елемент системи водопостачання в частині забезпечення його експлуатаційними заходами нормується самостійно. Але на практиці деякі елементи системи водопостачання дуже пов'язані між собою. Прикладом подібного зв'язку можуть служити комплекс подачі води (насосні станції і підстанції) і її транспортування та розподіл (магістральні і розподільні мережі).

Експлуатація централізованих систем водопостачання і окремих об'єктів останніх може здійснюватися організаціями водопровідно-каналізаційного господарства на основі прав власності, господарського ведення, оперативного керування, а також на основі договорів оренди, концесії, довірчого керування,

безплатного користування і інших договорів, у відповідності із законодавством, що припускають передачу організації ВК господарства права володіння і (або) користування зазначеними об'єктами.

Таким чином, розглядаються вимоги і правила, які встановлюють норми експлуатаційної діяльності, що забезпечують безпеку тільки безпосередньо для споруд забору води і водопідготовки, устаткування подачі води та розподільних мереж водопостачання. Завжди потрібно пам'ятати, що в процесі створення умов для стабільної роботи системи водопостачання важливу роль грають супутні інженерні системи, такі як електропостачання, теплопостачання і вентиляція, транспорт і зв'язок.

Базовими документами як для нормування проектування систем водопостачання, так і експлуатаційних норм до 2013 року були Постанова Кабінету Міністрів України від 5 травня 1997 р. № 409 «Про забезпечення надійності і безпечної експлуатації будівель, споруд та інженерних мереж», однак 7 липня 2013 у силу вступила Постанова КМУ «Про затвердження Порядку проведення обстеження прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва».

Метою проекту ухвали є встановлення процедури проведення обстеження та паспортизації прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва з оцінкою їх відповідності основним вимогам до будівель і споруд, визначеним технічним регламентом, а також реалізацією заходів з їх безпечної експлуатації протягом усього періоду їх існування, прийнятих в експлуатацію об'єктів протягом усього періоду їх існування.

Здійснюють та несуть відповідальність за їх експлуатацію згідно з законом власники або управителі таких об'єктів.

Порядок проведення обстеження встановлює Кабінет Міністрів України.

На сьогодні відсутні єдині підходи до проведення обстежень будівель і споруд, які підпорядковані різним міністерствам та відомствам. Натомість діють десятки різноманітних Методик, Наказів, Інструкцій, у яких відсутні останні зміни, що відбулися в сфері містобудівної діяльності, зокрема після введення визначень «клас наслідків (відповідальності), категорія складності» та ін.

Основні положення та заходи із забезпечення безпеки експлуатаційної діяльності систем водопостачання

Підвищення ефективності, надійності і якості роботи систем і споруд комунального водопостачання і одночасно безпеки їхньої експлуатації можна досягти шляхом виконання ряду цілеспрямованих заходів. З основних заходів цього рівня можна виділити наступні:

а) проведення паспортизації і інвентаризації споруд, комунікацій і устаткування водопостачання;

б) проведення оцінки та контролю показників надійності мереж, окремих споруд та устаткування водопостачання;

в) підготовку, зміст, коректування та зберігання технічної і виконавчої документації мереж, окремих споруд та устаткування;

г) проведення заходів щодо визначення фактичного технічного стану системи подачі та розподілу води, окремих споруд та устаткування.

У процесі організації експлуатації систем водопостачання, що включають споруди по забору води із джерела, споруди та супутнє устаткування водопідготовки, устаткування регулювання та подачі води в розподільні мережі, розподільні водогінні мережі та споруди на них, важливу роль грають питання їхньої паспортизації та інвентаризаційного обліку.

Капітальний ремонт устаткування повинен здійснюватися за узгодженням або при участі представників підприємств-виготовників відповідної номенклатури цього устаткування. Як правило, після капітального ремонту устаткування проводяться його системні випробування.

Проведення паспортизації споруд, комунікацій та устаткування водопостачання має найважливіше значення для забезпечення заходів по підвищенню надійності експлуатаційної діяльності. Аналіз статистичної інформації про роботу системи водопостачання, зафіксованої в паспортах у процесі експлуатації, уже дає можливість попередньо оцінити рівень технічного стану окремих вузлів і споруд системи водопостачання, встановити особливо слабкі місця і вжити невідкладних заходів по їх усуненню.

При гарній організації роботи з керування документами по паспортизації можна одержувати позитивний результат, але це тільки один невеликий захід, спрямований на підвищення рівня безпечної експлуатації систем водопостачання. У першу чергу потрібно визначити, які показники характеризують надійність роботи того або іншого устаткування. Для оцінки цих показників необхідно провести виробничо-дослідницькі роботи, на основі результатів яких можуть розроблятися технічні регламенти по експлуатації цього устаткування. Регламенти встановлюють оптимальні параметри і режими роботи, визначають щорічні графіки проведення профілактичних оглядів, планово-попереджувальних і капітальних ремонтів, а також організації контролю і аналізу за виконанням включених у регламент експлуатаційних дій.

Для досягнення стабільного рівня експлуатаційної діяльності, що відповідає сучасним вимогам по технічних і технологічних рішеннях, а також високої якості і рівня експлуатаційної безпеки необхідно проводити заходи щодо визначення фактичного технічного стану систем подачі та розподілу води, окремих споруд і устаткування водопостачання.

Оцінка технічного стану діючих систем водопостачання є основою для здійснення заходів підвищення надійності комунального водопостачання.

Основним критерієм оцінки технічного стану трубопровідних мереж і споруд інженерними службами підприємств, що забезпечують водопостачання населених місць і об'єктів, є статистичні дані про кількість ушкоджень і вік споруд. За цим даними і приймаються рішення про необхідність реконструкції і капітального ремонту трубопроводів, причому мова може йти не про вибірковий ремонт окремих ділянок, що дійсно вимагають ремонту, а про повну реконструкцію або заміну трубопроводу.

Діагностика систем водопостачання містить у собі методи оперативної і поточної дефектоскопії, проведення аналізу статистичних даних, а також даних комплексного обстеження систем водопостачання, методи визначення вузьких місць у роботі системи і складання плану заходів щодо підвищення надійності роботи водогінних мереж і споруд.

Для проведення статистичного аналізу аварій також здійснюється робота з дефектними відомостями по ділянках водогінних мереж.

Контрольні питання

1. Основні фактори, що впливають на технічний стан водогінних мереж і споруд.
2. Документи, згідно яких здійснюється прокладання внутрішнього водопроводу та каналізації.
3. Аналіз причин аварій на трубопроводах.
4. Водопровідні мережі та споруди.
5. Причини відмов і порушень у роботі водопровідних споруд і систем подачі води.
6. Водоводи.
7. Тупикові мережі.
8. Кільцеві мережі.
9. Комбіновані мережі.
10. Водопровідні труби.
11. Аналіз вимог та правил по нормуванню експлуатаційних заходів для систем водопостачання.
12. Основні положення та заходи по забезпеченню безпеки експлуатаційної діяльності систем водопостачання.

ТЕМА 9 СУЧАСНІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ МЕРЕЖ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Водопровідна система України доволі складний інженерний комплекс. Значна частина споруд цього комплексу відпрацювала нормативний термін і потребує оновлення. За час експлуатації існуючих систем відбулися суттєві технічні, соціально-економічні, екологічні та інші зміни, які зумовили потребу пріоритетного відтворення на сучасному світовому рівні системи водопостачання в державі.

Найбільшою проблемою системи водопостачання України є її спрацьованість, яка становить 30 %. Незадовільний технічний стан системи водопостачання загалом та водопровідної мережі зокрема негативно позначаються на якості очищеної води і є причиною вторинного її забруднення. Відновлення ефективної працездатності водопровідної мережі вимагає майже 76 % коштів, необхідних для відновлення системи в цілому (рис. 9.1).

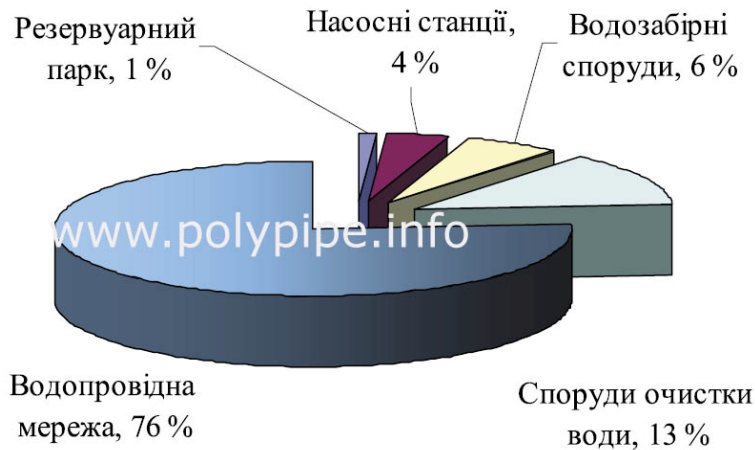


Рисунок 9.1 – Потреба в капіталовкладеннях у централізовані системи водопостачання

Найбільша кількість водопровідних мереж в регіонах, що розташовані на сході і півдні держави та в Львівській області. Найменша протяжність водопровідних мереж припадає на Волинську, Чернівецьку, Закарпатську, Тернопільську та Івано-Франківську області.

Найбільш зношені комунальні мережі в м. Севастополі (59,6 %), Луганській (52,7 %), Дніпропетровській (51,4 %), Львівській (48,4 %) областях та в АР Крим (47,6 %), найменш – у Волинській (16,5 %), Полтавській (17,1 %) та Київській (17,2 %) областях (див. рис. 2.). Подібна ситуація і зі станом водопровідних мереж на селі.

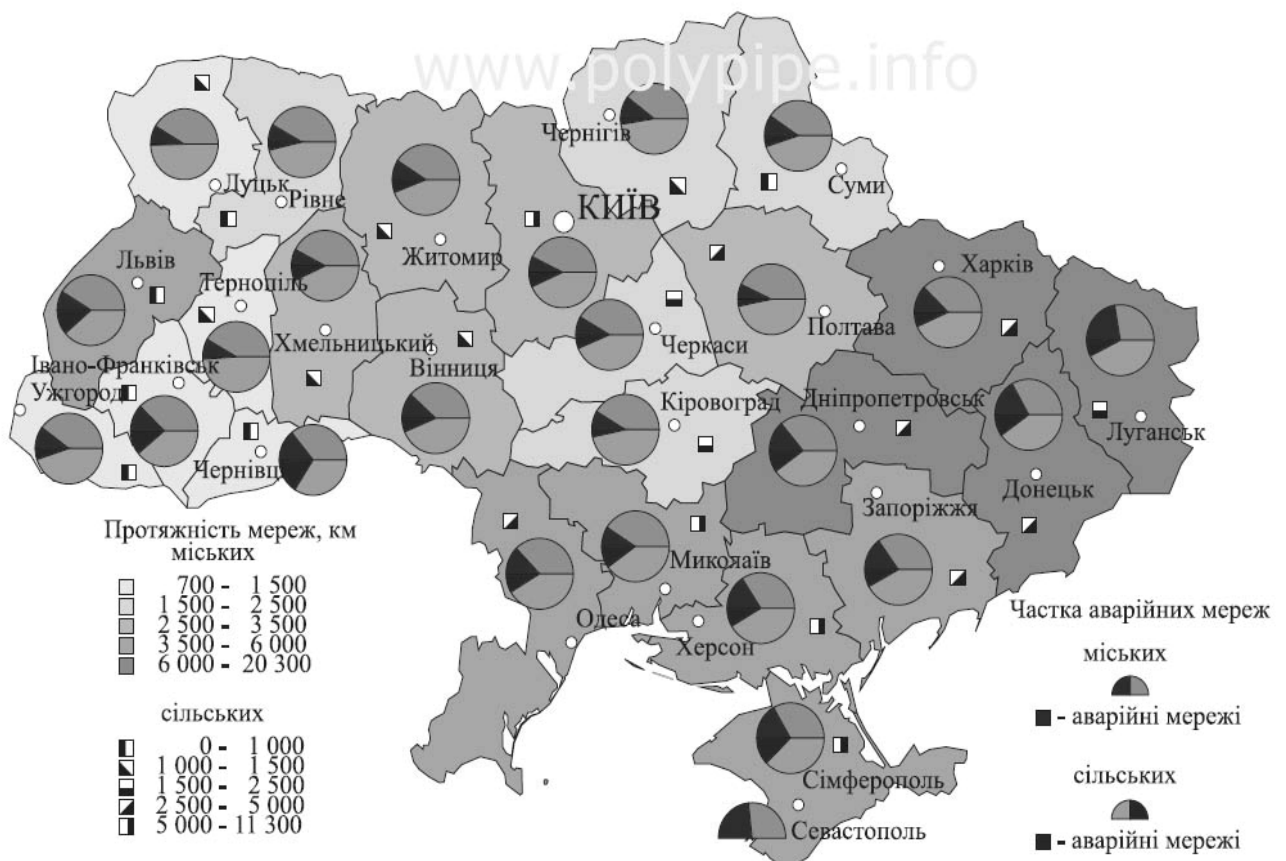


Рисунок 9.2 – Стан водопровідних мереж в Україні

З погіршенням технічного стану водопровідних систем помітно знижується ефективність їх роботи та зростають нераціональні втрати води, витоки. Показник втрат води у міських мережах є надто високим і знаходиться в межах 0,4-3,0 м³/км/год, в порівнянні з показниками у Західній Європі, які становлять 0,1-0,4 м³/км/год.

Втрати води у розподільчій мережі коливаються в межах 30-50 % або і більше від загального обсягу поданої у мережу води. Найбільшими вони є у м. Севастополі (45,3 %), Закарпатській (39,6 %), Чернівецькій (37,8 %), Івано-Франківській (37,2 %) та Миколаївській (36,9 %), найменшими – у Херсонській (9,4 %), Київській (11,5 %) і Рівненській (17,9 %) областях та в м. Києві (15,3 %).

Проблеми вторинного забруднення води у водопровідній мережі, як в Україні, так і в країнах центральної та східної Європи, набувають все більшої гостроти. Зі зміною економічної системи господарювання надто помітним постало зниження норм водоспоживання, а відтак зменшилась продуктивність очисних споруд, насосних станцій, системи розподілу води. Зменшення продуктивності системи водорозподілу, за незмінних значних геометричних розмірах самої системи, зумовлює зростання тривалості перебування в ній води. Так, в Україні протягом останніх десятиліть (від 1990 до 2008 року) тривалість перебування води в системі водорозподілу зросла в 2 рази. На окремих ділянках мережі тривалість перебування води в ній сягає декількох десятків діб. За прогностичними оцінками очікується зростання цього показника і в наступні роки, хоча і з меншою інтенсивністю (рис. 9.3).



Рисунок 9.3 - Зростання тривалості перебування води в мережі

Така зміна зазначених параметрів роботи мережі позначається на властивості води в ній: змінюється гідравлічний режим роботи мережі, зменшується кількість розчиненого у воді кисню, змінюються склад та концентрація домішок, посилюються біохімічні процеси на внутрішній поверхні труб тощо. Зміна зазначених параметрів негативно позначається на

якості води: спостерігається її повторне забруднення. За таких умов якість води, що потрапляє до споживачів, надто відрізняється від якості води яка поступає в мережу. Зміна якості води супроводжується зміною стану самої мережі: відбуваються незворотні процеси її руйнування. Проблема погіршення якості води в системах зберігання та її розподілу стосується переважно старих протяжних **водопровідних мереж** зі сталевих або чавунних трубопроводів.

При проектуванні водопровідної мережі важливого значення набуває питання раціонального добру матеріалів труб. Адже якість води може мати суттєвий вплив на довговічність та ефективність експлуатації мережі, якість води в самій мережі. Варто відзначити, що процеси корозії, заростання, вимивання матеріалу труб, формування біоплівки та осадів можуть протікати переважно в мережі із металевих труб. Запобігання розвитку цих процесів може сприяти всебічне обґрунтування матеріалу труб, застосування технологій корегування якості та властивостей води, запровадження захисту поверхні контакту трубопроводу з водою тощо.

У водопровідних мережах України, на відміну від мереж країн світу, найбільше поширенні сталеві труби, тривалість надійної роботи яких не є достатньою (рис. 9.4). Недостатня надійність трубопроводів негативно позначається на ефективності роботи системи та на якості питної води.

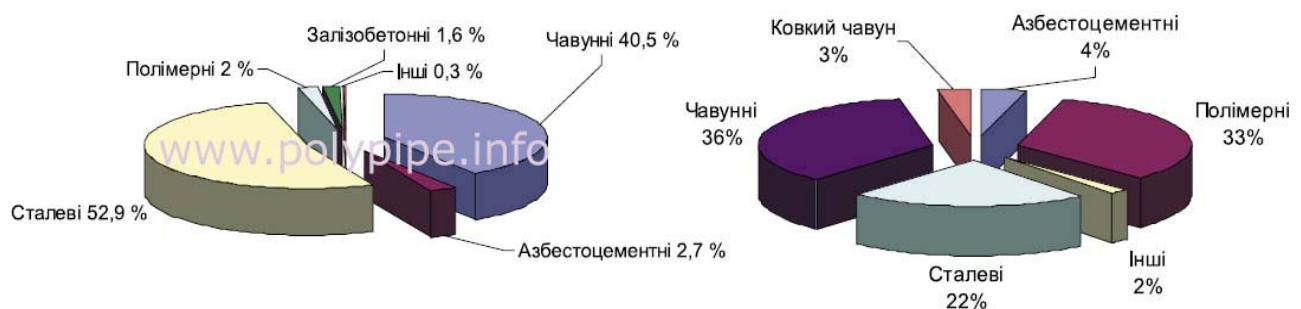


Рисунок 9.4 – Розподіл труб водопровідної мережі України (А) та Польщі (Б) за їх матеріалом

Труби водопровідної мережі України виготовлені зі сталі, чавуну, залізобетону, полімерів та азбестоцементу. На більшості трубопроводів відсутнє зовнішнє протикорозійне покриття, і практично на всіх – внутрішнє покриття. Якість матеріалу труб та будівельно-монтажних робіт була завжди незадовільними, що також здійснює значний вплив на сучасний стан та якість води систем водопостачання.

Стан водопровідної мережі часто характеризується 1-2 аваріями на 1 км труби, що в 5-20 разів перевищує відповідний показник у країнах Західної Європи, а більшість аварій трапляються переважно на трубах діаметром менше 200 мм та сталевих трубах без покриття.

Беручи до уваги загальну продуктивність та довжину водопроводів України середній питомий показник втрат води складає $0,85 \text{ м}^3/(\text{год} \times \text{км})$, що

відповідає близько 0,2 аварії на 1 км трубопроводів протягом року. Така невідповідність прогнозного питомого показника пошкоджень мережі з її фактичним значенням, очевидно, зумовлена недосконалістю обліку витоків та аварій на водопроводах.

За умов низької якості водопровідних мереж, значного їх об'єму, невисокої надійності в роботі значно потерпає якість питної води. Вода навіть високої якості, потрапляючи в такі системи, втрачає свої властивості. Суттєвий вплив на якість очищеної води мають умови знезаражування, зберігання очищеної води, стан водопровідних мереж, якість обладнання та рівень експлуатації.

Представлені статистичні дані аварійності обробляються на комп'ютері, на основі отриманих даних будують наступні графіки:

графіки розподілу кількості аварій у відсотковому відношенні в залежності:

- від матеріалу труб,
- виду аварій,
- причин аварій;

графіки залежності причин аварій від виду аварій у процентному відношенні:

- розриви швів,
- наскрізні отвори,
- розлами,
- тріщини;

графіки розподілу аварій по діаметрах трубопроводів, що викликаються гідроударами (загальне число аварій, число аварій на 1 км трубопроводу);

графіки розподілу аварій по діаметрах трубопроводів, що викликаються корозією (металеві труби).

Аварії підрозділяються на п'ять основних класів:

- порушення зварених швів;
- розлами;
- кратери;
- наскрізні отвори;
- дефекти в з'єднаннях.

Аналіз статистичних даних водоспоживання

Споживання води населенням протягом року нерівномірне. Також нерівномірне водоспоживання протягом доби та тижня.

Режим водопостачання повинен відповідати фактичним витратам води споживачами. Тому прогнозування режиму водоспоживання є важливим моментом проектування водопровідних мереж.

При проектуванні водопроводів промислових підприємств режим витрат води на промислові та господарчі потреби залежить від технології виробництва та його структури.

Режим водоспоживання населених пунктів визначається у залежності від різноманітних факторів, пов'язаних із умовами життя та праці мешканців.

Ця проблема вирішується шляхом аналізу статистичних даних щодо фактичних режимів водоспоживання у населеному пункті, виявленні основних факторів, що впливають на характер режиму водоспоживання (кількість населення, кліматичні умови, рівень індустріалізації населеного пункту та інше).

Розглянемо **стандартний графік водоспоживання** (рис. 9.5).

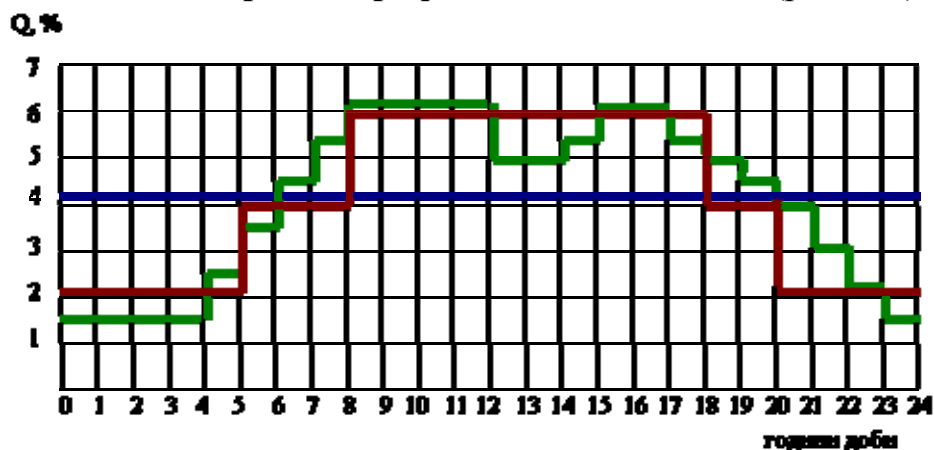


Рисунок 9.5 - Графік водоспоживання: синя лінія – режим роботи НС-I; зелена лінія – режим водоспоживання; червона лінія – режим роботи НС-II.

Протягом доби вода споживається нерівномірно: вдень витрати більше, ніж уночі. Коливання споживання води за годинами залежить від кількості населення. Чим менше населений пункт, тим значніше ця нерівномірність. Споживання води також змінюється протягом години. Однак при розрахунках дозволяється приймати споживання води протягом години постійним.

Відношення витрат води у годину максимального водоспоживання $Q_{г.макс.}$ до середніх витрат води за годину $Q_{г.сер.}$ являється **коефіцієнтом максимальної годинної нерівномірності** водоспоживання:

$$K_{г.макс} = \frac{Q_{г.макс.}}{Q_{г.сер.}}. \quad (9.1)$$

Аналіз режиму водоспоживання населених пунктів різного типу дозволяє побудувати графіки характерних коливань витрат води протягом доби. Годинні витрати води визначені у відсотках від добових витрат. Відношення найбільшої ординати до середньої (4,17%) дає коефіцієнт максимальної годинної нерівномірності $K_{г.макс.}$.

Використання графіка водоспоживання дозволяє визначити найбільш економічний режим роботи насосних станцій, розрахувати об'єм запасних, регулюючих та напірних ємностей (резервуарів чистої води, водонапірних башт).

Графік водоспоживання від міського водопроводу на виробничі потреби залежить від способу її витрачання, тривалості роботи підприємства протягом доби, особливостей технологічного процесу. Багато підприємств мають власні

регулюючі ємності, тому для них постачання від міського водопроводу може бути рівномірним.

Таким чином, при проектуванні водопроводу графік сумарного водоспоживання на господарчо-питні, виробничі, протипожежні та інші потреби надає можливість визначитися зі складом споруд, необхідних для забезпечення надійної подачі води всім водоспоживачам в необхідній кількості та з необхідним тиском.

Слід зазначити, що для повного аналізу водоспоживання необхідно побудувати балансову схему та виконати попередній розрахунок обсягу невиробничих витрат води.

Ця схема містить у собі: водоспоживання населення, водоспоживання промисловості та інших сфер міського господарства, витрати води на опалення та гаряче водопостачання і непродуктивні втрати води (рис. 9.6.).

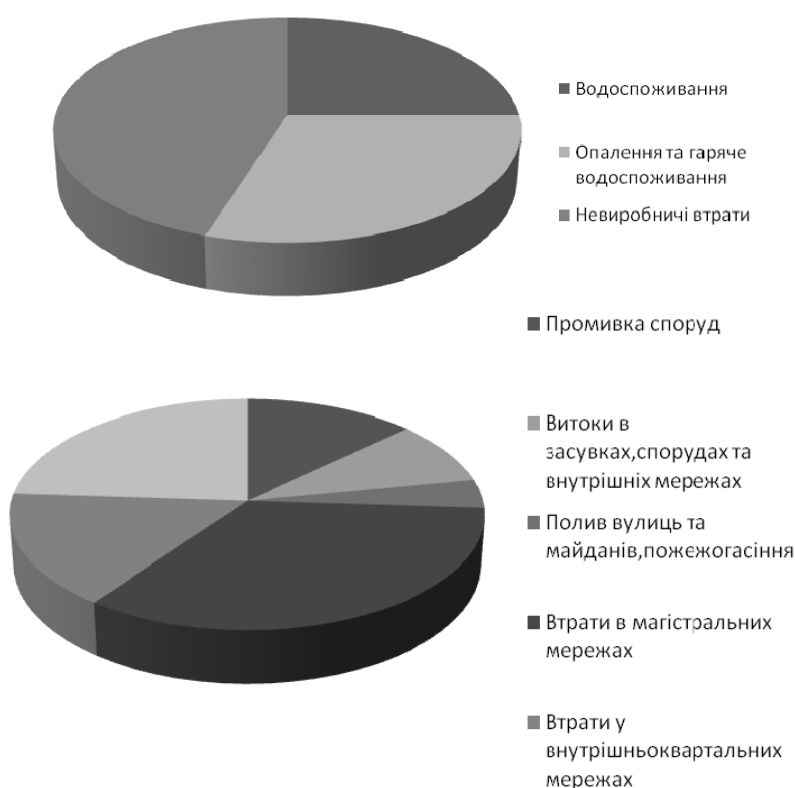
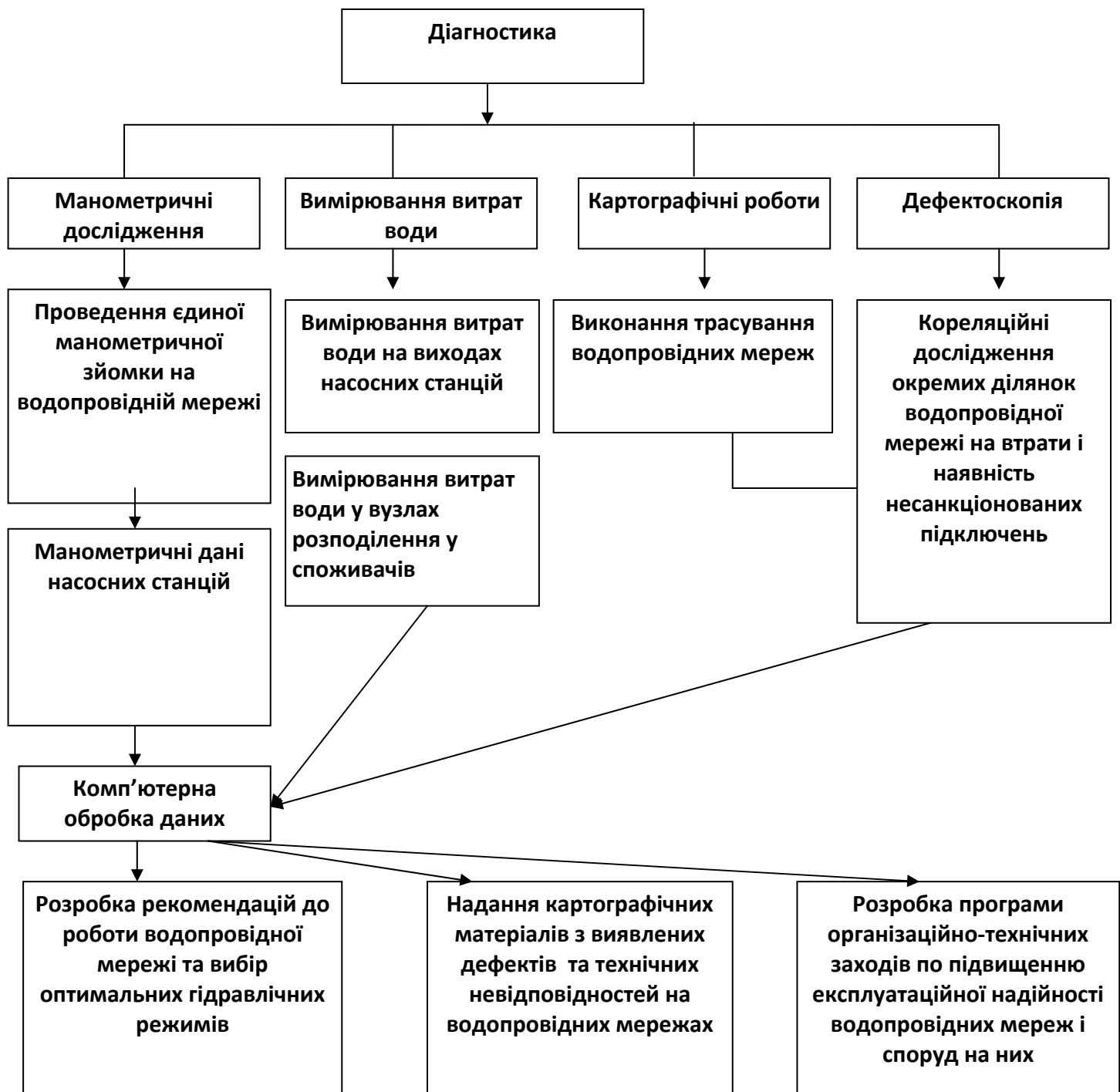


Рисунок 9.6 – Водоспоживання та невиробничі втрати в мережах водопостачання

Таким чином проводиться оцінка фактичного стану обліку води на виходах водопровідних та насосних станцій, у вузлах розподілення води, у споживачів за наступною схемою:



Манометричні дослідження – це проведення комплексу заходів щодо приладового виміру тиску в мережі водопроводу на кожній ділянці магістральних (або розвідних) водогінних мереж.

Всі дані, отримані в результаті манометричних зйомок, заносяться в комп'ютер, який після їх обробки видає узагальнюючі результати в наступній формі:

- аналіз змін розподіленого тиску по кожній ділянці магістральної водогінної мережі в табличній і графічній формі;
- побудова п'єзометричних ліній по кожній ділянці водогінної мережі;

- побудова п'єзометричної схеми магістральної водогінної мережі;
- вузли на водогінній мережі, де необхідно (бажано) виміряти фактичні витрати води і підготувати їх до проведення робіт.

Для проведення вимірів витрат води обираються наступні споживачі:

- кілька житлових будинків з різним ступенем благоустрою і розташованих у різних районах міста; необхідно перевірити: наявність справного водомірного вузла, лічильника витрат води, ступінь захищеності приміщення водомірного вузла, організувати захист спеціального устаткування;
- кілька споживачів промислової групи з різним режимом роботи; обсяг підготовчих робіт аналогічний попередньому пункту;
- організації теплопостачання. Як правило, споживання води на таких об'єктах фіксується на самописних приладах.

Дефектоскопія

Однієї з найгостріших проблем у житлово-комунальному господарстві є високий ступінь фізичного зношування інженерних мереж, обумовлений наднормативним строком їхньої експлуатації. Основна частина водогінних мереж виконана з металевих труб, які піддаються корозії, що приводить до їхнього передчасного зношування.

Витрати води з водогінної мережі складаються з видимих витрат води через водорозбірні колонки, ущільнення арматури, втрат води при аваріях і ремонті трубопроводів, арматур і споруд, а також прихованих витрат води з водогінної мережі і ємнісних споруд.

Складніше всього визначити розмір прихованих витрат з водогінної мережі, що залежать від стану водогінної мережі, віку, матеріалу труб, ґрунтових, кліматичних умов, ряду інших місцевих умов. Обсяг прихованих витрат становить від 75 до 90% від загального обсягу втрат води в зовнішніх водогінних мережах.

Число аварій та обсяги прихованих витрат на водогінних мережах взаємозалежні. Найбільш зношені ділянки трубопроводів мають численні дефекти й, отже, більші витрати води.

Своєчасне виявлення витрат води із трубопроводів і вживання заходів по їх усуненню, дозволяє запобігати аварійним ситуаціям на мережі і знизити витрати на її експлуатацію. Економічна ефективність визначення і усунення витрат на мережах полягає в економії води, зниженні аварійності і скорочення вартості експлуатації мережі.

При визначенні прихованих витрат на водогінних мережах одночасно виявляються несанкціоновані приєднання та неоплачуване споживання (розкрадання) води, ліквідація яких дозволяє одержати додаткову економію води.

Скорочення потоку аварій на мережах у результаті планового ремонту дефектних ділянок трубопроводів дозволяє скоротити витрати на аварійний ремонт мережі, підвищити надійність роботи системи подачі і розподілу води. Значно знижуються експлуатаційні витрати на утримання мереж

водопостачання, тому що одиничні витрати на проведення аварійних робіт в 2,5-3 рази вище витрат на проведення планово-відбудовних ремонтів мережі.

Способи обстеження та дефектоскопії водогінних мереж

Для вивчення стану, режиму роботи водогінних мереж, визначення місць ушкоджень і дефектів на них, проводяться різні види обстежень і вимірів на водогінній мережі:

- телевізійний контроль внутрішнього стану трубопроводів; манометрична зйомка на водогінній мережі;
- визначення пошкоджень водогінної мережі акустичним, електронно-акустичним та акустично-кореляційним способами;
- способи визначення дефектів сталевих трубопроводів магнітним полем або ультразвуковим скануванням.



Рисунок 9.7 - Приклад ультразвукового сканування

Спосіб телевізійного контролю внутрішнього стану трубопроводів досить трудомісткий, застосовується звичайно тільки на аварійних ділянках водогінної мережі з метою збору інформації про причини аварій, про стан труб для вибору способу ремонту, для паспортизації та моделювання ділянки системи. Цим способом важко визначати дефекти трубопроводів на ділянках зі значним шаром відкладень.

Манометрична зйомка проводиться з метою виявлення та оптимізації режиму роботи водогінної мережі. Манометрична зйомка дозволяє також виявити порушення та збої в роботі водогінної мережі, що викликаються, наприклад, аваріями на мережі, або несанкціонованим підключенням до мережі та відбором води. Спосіб характеризується низькою чутливістю в умовах динамічного водорозбору, особливо при великій довжині мережі.

Способи визначення пошкоджень на водогінній мережі акустичними і електронно-акустичними способами засновані на фіксуванні акустичних сигналів, які виникають при витіканні води в місцях пошкоджень напірних трубопроводів (свищ, розстикування, тріщина і ін.).

Із всіх акустичних способів визначення місць витрат і несанкціонованих відборів води з мережі найменш точний спосіб акустичного покراпкового прослуховування траси водопроводу з поверхні землі.

Способи визначення дефектних ділянок водогінної мережі

Дефектні ділянки водогінної мережі можна характеризувати, як ділянки зі значними обсягами прихованих витрат води, для визначення яких застосовують наступні способи:

- розрахунковий (по експериментально визначеній площі отворів (ушкоджень) на трубопроводі);
- зональні способи вимірів обсягів прихованих витрат;
- способи безперервного виміру витрат води і напору;
- комплексні способи

Математичне моделювання трубопровідних мереж

Для забезпечення технологічної надійності систем водопостачання розробляються математичні моделі аварійного розподілу води, які допомагають виконати проект і здійснити монтаж систем водопостачання з безперебійною подачею води. Проект може включати влаштування резервних водозаборів, кільцевих водопроводів, паралельних водоводів, резервних очисних станцій, автономного резервного енергопостачання для безперебійної роботи устаткування.

Сучасні технології проектування, будівництва, експлуатації та реконструкції мереж магістральних трубопроводів необхідно доповнювати високоточними методами чисельного моделювання повного життєвого циклу конкретної трубопровідної системи. При цьому в комплекс заходів, пов'язаних з будівництвом трубопроводів, варто включати виробництво труб, а в реконструкцію трубопровідних мереж – ремонт дефектних ділянок трубопроводів. Таке доповнення зазначених технологій гарантовано забезпечує виробіток науково обґрунтованих рекомендацій по підвищенню безпеки, екологічності та ефективності роботи трубопровідної системи.

Вимога високої точності на практиці приводить до того, що при створенні моделей мереж трубопроводів і каналів з відкритим руслом(рік) їхні розробники повинні прагнути мінімізувати похибку між відповідними розрахунковими оцінками та фактичними параметрами реальних фізичних процесів.

При моделюванні рельєфу місцевості в зоні аварії та стан атмосфери на момент виникнення, протікання і локалізації аварії вважаються відомими.

Параметри плинності продуктів у трубопроводах (включаючи ушкоджені труби) у предаварійний період, у процесі аварії і при її ліквідації оцінюються в результаті математичного моделювання

Математична модель мережі водопроводу дозволяє повністю описувати фізичну структуру мережі та технічні характеристики її складових для оптимізації експлуатації. Вона має графічний редактор, що дозволяє проводити гідравлічні розрахунки в заданому режимі робочої конфігурації.

Розробка програми організаційно-технічних заходів з підвищення експлуатаційної надійності водопровідних мереж і споруд водопостачання
Підвищення ефективності роботи водогінних мереж

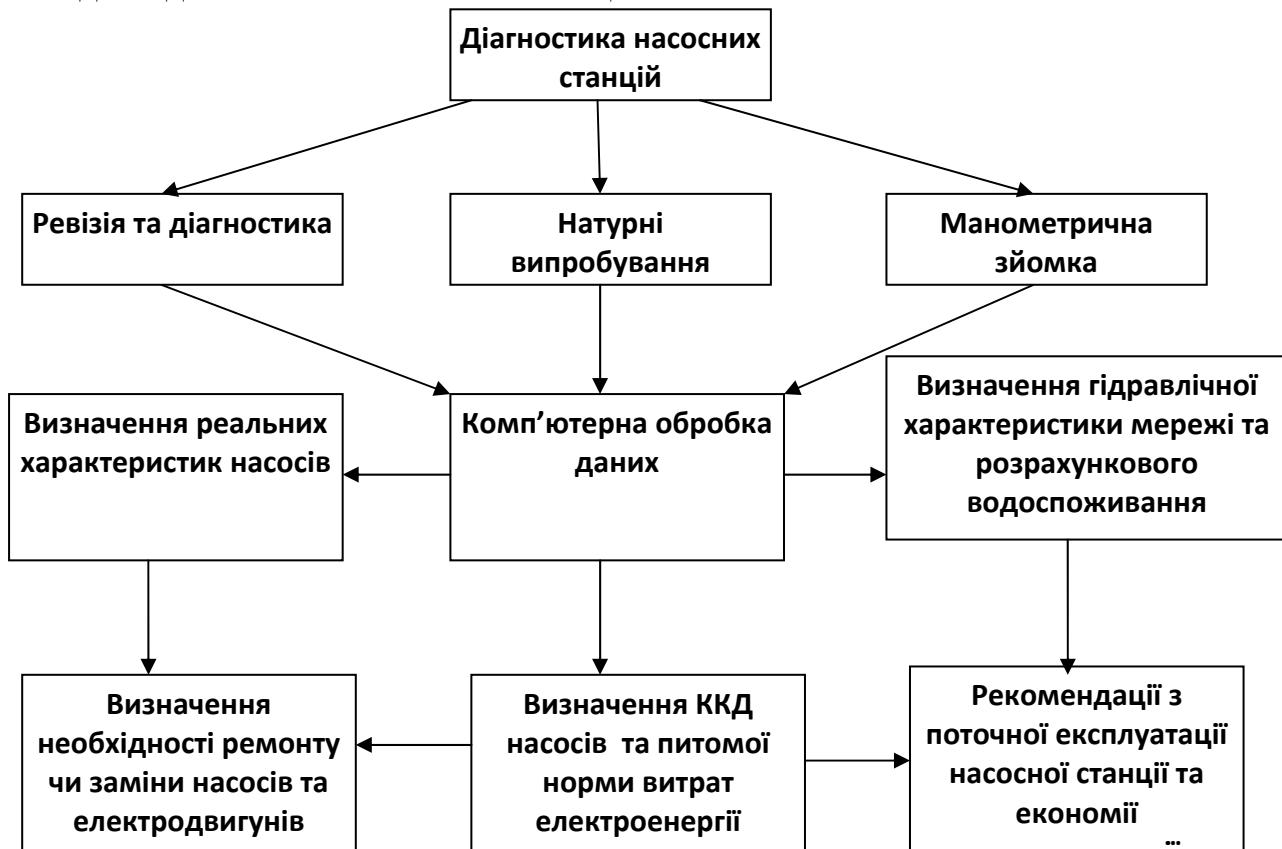
На підставі даних, отриманих у результаті аналізу результатів комплексного діагностичного дослідження системи водопостачання, розробляється програма невідкладних і перспективних організаційно-технічних заходів, що включають:

- заходи щодо встановлення оптимальних режимів роботи системи водопостачання (насосна станція - мережа);
- заходи щодо скорочення непродуктивних втрат питної води;
- проведення корозійно-захисних заходів (антикорозійна обробка та анодний захист) на мережах водопроводу;
- проведення ремонтно-відновлювальних робіт на трубопровідних мережах і спорудах з використанням нетрадиційних технологій;
- заходи щодо розвитку системи транспортування води •
- (будівництво насосних станцій, нових ділянок магістральних мереж, переминок і т.д.).

Своєчасна розробка програм виконання цих заходів та їхня реалізація створюють надійні умови для підвищення ефективності роботи водогінних мереж та споруд на них .

Підвищення ефективності роботи насосних станцій

Виконання зазначеного завдання засновано на проведенні натурних випробувань насосних агрегатів, які проводяться на основі розробленої методики діагностики насосних станцій:



Для оптимізації роботи насосних агрегатів необхідно шляхом натурних випробувань насосних агрегатів визначити їх ККД і питому витрату електроенергії, що дозволить провести оцінку економічної ефективності роботи насосної станції.

Після визначення ККД насосних агрегатів визначається ККД насосної станції, звідки легко перейти до підбора найбільш економічних режимів роботи насосних агрегатів з урахуванням дискретності подачі станції, типорозмірів установлених насосів і припустимого числа їхніх включень і вимикань.

В ідеальному варіанті для визначення ККД насосної станції можна використати дані $Q-H$, $Q-N$ і $Q-\eta$, отримані прямими вимірами при натурних випробуваннях насосних агрегатів, для чого буде потрібно виконати натурні випробування по 10-20 точкам подачі в робочому діапазоні насоса при різних величинах відкриття засувки (від 0 до 100 %).

За результатами випробувань будуються фактичні характеристики $Q-H$, $Q-N$ і $Q-\eta$ для даних конкретних насосів.

Після визначення ККД окремих насосних агрегатів обчислюють ККД насосної станції в цілому, а також найбільш економічні сполучення насосних агрегатів або режими їхньої роботи.

Для оцінки характеристики мережі можна використати дані автоматизованого обліку витрат і напорів по основним водоводам на виході станції.

Контрольні питання

1. Спрацьованість систем водопостачання України.
2. Аналіз ступеня зношеності мереж.
3. Зростання тривалості перебування води в мережі.
4. Розподіл труб водопровідної мережі України.
5. Аналіз статистичних даних по водоспоживанню.
6. Водоспоживання та невиробничі втрати в мережах водопостачання.
7. Дефектоскопія.
8. Математичне моделювання трубопровідних мереж.
9. Розробка програми організаційно-технічних заходів з підвищення експлуатаційної надійності водопровідних мереж і споруд водопостачання.

ТЕМА 10 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ТА НАДІЙНОСТІ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ В ПЕРІОД ПРОЕКТУВАННЯ ТА БУДІВНИЦТВА

Вимоги до проектування

При проектуванні систем питного водопостачання повинні виконуватися вимоги законодавства з санітарно-епідеміологічного благополуччя населення, а також необхідно дотримуватися норми земельного, лісового, водного законодавства, законодавства про надра, про тваринний світ, про охорону навколишнього середовища, про особливо охоронювані природні території, про

лікувально-оздоровчі місцевості і курорти, про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру.

Для забезпечення населення питною водою на випадок виникнення надзвичайних ситуацій проектується системи резервного водопостачання по нормах надзвичайних ситуацій.

Проектування систем питного водопостачання повинне здійснюватися з урахуванням необхідності використання найкращих з доступних технологій в галузі питного водопостачання, прогресивних технічних рішень, автоматизації технологічних процесів.

Проектно-кошторисною документацією з об'єктів водопостачання повинні бути передбачені роботи з налагодження і пуску в експлуатацію, а також розробка технологічних регламентів з експлуатації.

Потужність нових та реконструйованих систем питного водопостачання визначається генеральним планом розвитку об'єктів водоспоживання.

Норми питомого водоспоживання на господарсько-питні потреби встановлюються органами місцевого самоврядування на підставі санітарно-гігієнічних потреб людини.

Потужність систем питного водопостачання не може перевищувати припустимого відбору води із джерел водопостачання.

Станції підготовки питної води повинні бути розраховані на рівномірну, безперебійну подачу води протягом доби при максимальному водоспоживанні з обліком:

- одночасного відключення їхніх окремих споруд для профілактичних оглядів, очищення і планово-попереджувальних ремонтів;
- витрати води на власні потреби станції, пожежогасіння за умови зберігання тригодинного протипожежного запасу води в резервуарах чистої води станції.

Технології та споруди, передбачені в проектах на будівництво станцій підготовки питної води, повинні забезпечувати їй відповідність нормативам якості як у звичайних умовах, так і в умовах сезонних змін якості води в джерелі питного водопостачання. Вимоги до вибору і обґрунтування технологічних схем підготовки питної води встановлюються залежно від прогностичних оцінок зміни якості води в поверхневих та підземних джерелах на розрахунковий термін експлуатації станцій водопідготовки і техніко-економічних показників порівнюваних технологій.

Вимоги до будівництва

Нормативні вимоги до систем водопостачання сформульовані в будівельних нормах СНиП 2.04.01-85* «Внутрішній водопровід і каналізація будинків», СНиП 2.04.02 - 84* «Водопостачання. Зовнішні мережі і спорудження».

Слід зазначити, що на даний момент проектування нових систем і схем водопостачання населених пунктів здійснюється на основі ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди»

Ці будівельні норми встановлюють основні вимоги до проектування нових систем і схем водопостачання населених пунктів, реконструкції та технічного переоснащення існуючих споруд, мереж і окремих елементів зовнішнього водопостачання населених пунктів, груп підприємств, окремих підприємств, будинків, інших об'єктів.

Ці будівельні норми поширюються на проектування централізованих і нецентралізованих зовнішніх систем, мереж та споруд водопостачання населених пунктів, а також виробничих підприємств, для яких не встановлені особливі вимоги з проектування.

Основні положення проектування

При будівництві систем питного водопостачання повинні використатися матеріали, дозволені органами санітарно-епідеміологічного нагляду.

Спорудження і устаткування систем питного водопостачання повинні бути випробувані на міцність і герметичність відповідно до проектної документації. Результати випробувань споруд і комунікацій оформляються актом установленної форми, що підписують представниками організації, що виконувала будівельно-монтажні роботи, замовника і експлуатуючої організації.

Перед прийманням в експлуатацію системи питного водопостачання підлягають промиванню (очищенню) і дезінфекції дозволеними реагентами відповідно до технологічних регламентів.

Сучасний монтаж систем водопостачання

Неодмінно, системи водопостачання та каналізації є одним з основних елементів будь-якої будівлі (житлового або виробничого). Від того, наскільки якісно вони будуть спроектовані, залежить результативність та рівень комфорту в самому будинку.

Сучасний монтаж систем водопостачання повинен забезпечувати максимальну надійність системи в умовах експлуатації. Це значить, що споживачі води повинні одержувати її в необхідному обсязі, під певним напором і з необхідними якісними характеристиками, незалежно від поверховості проживання або високого рівня промислової потреби.

У процесі проектування використовують весь арсенал сучасних технічних засобів, надійних технологій і комп'ютеризованих систем розрахунку, щоб забезпечити не тільки безперебійне функціонування систем водопостачання в нормальних умовах, але і надійне резервне водопостачання у випадку аварійних ситуацій.

Для забезпечення технологічної надійності систем водопостачання розробляються математичні моделі аварійного розподілу води, які допомагають виконати проект і здійснити монтаж систем водопостачання з безперебійною подачею води. Сучасний монтаж систем водопостачання з одночасною установкою автоматичних систем керування дозволяють миттєво аналізувати ситуацію і приймати оперативні рішення у випадку засмічення фільтрів, витоків, аварій, перепадів тиску. Автоматика дозволяє швидко підключати

резервні насоси, аварійні системи постачання водою, забезпечувати безперебійну роботу пожежних насосів.

Забезпечення надійності систем водопостачання повинне вирішуватися паралельно з рішенням завдання економічності системи, для чого необхідні оптимальні методи зниження витрат на будівництво і наступну експлуатацію без зниження якісних характеристик і параметрів роботи системи.

На стадіях проектування і будівництва об'єктів будівельні організації передбачають комплексний монтаж інженерних мереж, покликаних забезпечити високий ступінь технологічної і санітарної надійності систем водопостачання.

Ефективне водопостачання досягається за рахунок правильного проектування з урахуванням всіх вимог ДБН, а також за рахунок використання сучасних технологій і устаткування.

Застосування надійних і перевірених технічних рішень на стадії проектування, високий рівень виконання проектів, застосування сучасних технологій і устаткування - це перший крок на шляху рішення питань розвитку мереж водопостачання.

Застосування новітніх розробок в області водопостачання і каналізації неухильно збільшується, металеві і залізобетонні трубопроводи витісняються полімерними. Сучасний ринок пропонує великий вибір труб з використанням різних полімерів: поліетилену, поліпропілену, ПВХ (полівінілхлорид), полібутилену, металопластика. Кожен вид має ряд особливостей, які і визначають призначення труб - для водопостачання, каналізації,

Сьогодні в будівництві широко використовуються труби ПВХ і ПНД. Позитивною властивістю полівінілхлориду є його знижена горючість і підвищена хімічна стійкість у порівнянні з іншими полімерами. Негативною властивістю є його крихкість, що може згубно позначитися на якості монтажу труб. Ефективність застосування пластмасових і склопластикових труб у кожному конкретному випадку залежить від правильного розрахунку трубопровідної системи в цілому.

Труби із пластику дешевше сталевих на 10-15%. Поліпропіленові труби легше сталевих, не іржавіють і не забиваються в процесі експлуатації, не передають вібрацію і звуки, не розриваються при замерзанні в них води. Поліпропіленові труби стійкі до впливу кислот і лугів, а також більшості відомих агресивних і токсичних рідин; і газів. Термін служби поліпропіленових труб більше 50 років.

Забезпечення надійності систем водопостачання

Надійність водозабірних споруд

На надійність водозабірних споруд впливають наступні фактори: час (тривалість експлуатації), метеорологічні, гідрологічні і гідрогеологічні, біохімічні та механічні.

Фактор часу проявляється в старінні споруд і устаткування, циклічності зміни водоспоживання протягом доби та пори року.

Метеорологічні фактори полягають у зміні температури води та повітря, появі льоду і шуги, змін рівня і якості води, перемерзанні та пересиханні джерел водопостачання, паводків і т.п. До дії цього виду факторів найбільш чутливі поверхневі водозабори.

Гідрологічні та гідрогеологічні фактори характеризують зміну витрат поверхневих і підземних вод, коливання якості води, рух наносів і зміну властивостей водоносних об'єктів.

До **біохімічних факторів** відносять фітопланктон, зоопланктон, риб і тварин.

До **механічних факторів** відносять судноплавство, сплав лісу, роботу будівельних механізмів, пересування наносів і деформацію ґрунтів.

Надійність водозабору визначається надійністю (забезпеченістю) джерела водопостачання та надійністю споруд і устаткування. Надійність джерела залежить від забезпеченості розрахункових витрат і рівнів води. Ці параметри нормуються залежно від категорії водозаборів. Категорії водозаборів у загальному відповідають категоріям систем водопостачання.

Таблиця 10.1 – Нормативи забезпеченості умов і витрат води в поверхневих джерелах водопостачання

Параметри джерел водопостачання	Категорії водозабірних споруд за забезпеченістю параметрів		
	I	II	III
Забезпеченість (імовірність перевищення) розрахункових рівнів води в поверхневих джерелах, %: максимальний рівень мінімальний рівень			
	1	3	5
	97	95	90
Забезпеченість середньомісячних або середньодобових витрат води поверхневих джерел, %	95	90	85

Ці цифри означають, що у водозаборі I категорії максимальні рівні води можуть бути перевищені тільки в 1% даних багаторічних спостережень, а мінімальні рівні в річці можуть бути нижче прийнятої відмітки тільки в 3% спостережень.

Для одержання згаданих оцінок будують криві (гістограми) повторюваності рівнів води та забезпеченості витрат.

У принципі досить високу надійність водопостачання забезпечує наявність двох незалежних джерел, найкраще поверхневого та підземного.

Для підземних водозаборів надійність відбору води з водоносних горизонтів забезпечується резервуванням свердловин, хоча це не завжди гарантує збереження постійного припливу води до них.

Таблиця 10.2 – Нормативи резервування свердловин підземних водозаборів

Кількість робочих свердловин	Кількість резервних свердловин при категорії водозабору		
	I	II	III
1–4	1	1	1
5–12	2	2	1
11–30 і більше	20%	10%	–

Після оцінки надійності джерела переходять до оцінки надійності водозабірних споруд. Вона залежить від показників надійності і ремонтпридатності елементів споруд.

Водозабірні споруди являють собою звичайну технічну систему і оцінка надійності такої системи складається зі стандартних етапів.

1. Виконують перевірочні розрахунки водозабірних споруд із метою перевірки відповідності діючій нормативно-технічній документації.

2. Із складу споруд виділяють розрахункові елементи однакового технологічного призначення та складається розрахункова (структурна) схема для оцінки надійності.

Таблиця 10.3 – Показники надійності елементів водозаборів (при $\delta=0,95$)

Найменування елементів	Інтенсивність відмов, $\lambda \cdot 10^4$ 1/час, 10^4 1/час·км			Інтенсивність ремонтів $\mu \cdot 10^2$, 1/час
	λ_{\min}	$\lambda_{\text{ср}}$	λ_{\max}	
1. Водоприймачі:				
розтрубні	0,01	0,02	0,2	0,5
зрубові	0,01	0,02	0,1	0,5
залізобетонні	0,005	0,01	0,05	0,5
2. Самопливні лінії:				
сталеві труби	0,1	0,25	0,40	0,5
залізобетонні	0,2	0,40	0,60	0,5
3. Елементи свердловин :				
а) обсадні труби				
* сталеві	0,1	0,12	0,16	0,5
* азбестоцементні	0,3	0,80	0,90	0,5
б) фільтри:				
* дровові	0,5	1,25	2,0	0,5
* каркасно-стрижневі	0,2	0,30	0,5	0,5
* гравійні	0,1	0,2	0,3	0,5
в) свердловинні насоси:				
* ЭЦВЧ-2, 5-6,3	1	1,25	1,6	2
* ЭЦВЧ-4,130	1,2	1,4	1,6	2
* ЭЦВЧ-6, 3-60	0,8	1,3	2,6	2
* ЭЦВЧ- 10-110	0,9	1,5	3,6	2
* ЭЦВЧ- 63-65	1,25	2,0	4	2
* ЭЦВЧ- 120-160	2,0	2,5	4	2
4. Засувки з електроприводом	0,1	0,6	1,0	4
5. Зворотні клапани	0,04	0,08	1,0	4
6. Резервуари	0,01	0,03	0,1	1

δ – надійність даних.

Планування розвитку систем водопостачання

Незаперечно важливе значення для цілеспрямованого і систематичного планування розвитку систем водопостачання має генеральна схема водопостачання, що містить практично всю інформацію, необхідну для планомірної розробки проектних рішень і будівництва об'єктів водопостачання.

Основними вимогами при плануванні розвитку системи водопостачання повинні бути:

- поліпшення якості питної води;

- поліпшення фінансового стану комунальних підприємств;
- поліпшення енергоефективності комунальних підприємств;
- поліпшення екологічної та соціальної ситуації;
- поліпшення якості послуг водопостачання та водовідведення.

Згідно заходів забезпечення екологічної та соціальної безпеки для учасників проекту «Розвиток міської інфраструктури» керівництвом з екологічної та соціальної оцінки наприкінці 2013 року були відібрані кілька міст для втілення проектів водопостачання

Названі проекти в секторі водопостачання впроваджуватимуться в містах Харків, Кіровоград, Краматорськ, Тернопіль, Київ, Коломия та Донецьк (рис. 10.1).



Рисунок 10.1 – Розташування міст, де заплановано впровадження проектів

Більшість підприємств водопровідно-каналізаційного господарства (водоканали) в обраних містах є збитковими. Недостатність фінансових надходжень унеможливорює проведення профілактичних робіт та не дозволяє вчасно покривати експлуатаційні витрати, більшу частину яких становить вартість електроенергії. Більшість електромеханічного обладнання є неефективним та енергозатратним і не відповідає сучасному технологічному рівню.

Таким чином, основними завданнями при плануванні розвитку підприємств водопостачання є підвищенні якості та надійності послуг та ефективності використання енергії шляхом інвестування робіт з відновлення та заміни пошкоджених систем водопостачання, та асоційованих з ними мереж, а також поліпшення екологічних та соціальних умов на територіях міст за рахунок вирішення проблеми очищення стоків. Загалом у майбутньому планується зменшити витрати електроенергії в середньому на 20-30%, та зменшити втрати води у водопроводі на 15%.

Підтримання надійності систем та об'єктів при експлуатації

Аналізуючи оцінки якості експлуатації по надійності, варто з'ясувати причини прояву ненадійності: відмов, тривалих простоїв об'єктів, що ремонтуються через низьку ремонтпридатність, великих обсягів реновації внаслідок зниженої довговічності. Для підтримки безвідмовності на необхідному рівні планується та здійснюється технічне обслуговування, що включає профілактичні та планово-попереджувальні ремонтні роботи. Разом з тим, відмови нерідко викликаються не зношуванням, а неправильним проведенням виробничих операцій або помилками при призначенні робочих режимів.

Ремонтпридатність в основному залежить від того, наскільки в процесі експлуатації зберігалися проектні умови. З іншого боку причинами затримок з виконанням ремонтів є недостатня організація ремонтної служби, невірний прогноз обсягів ремонтних робіт, якому варто посилатися на результати діагностики технічного стану об'єктів.

Довговічність більшою мірою обумовлена якістю технічного обслуговування та, зокрема, поточних і капітальних ремонтів, а також якістю будівельних матеріалів і устаткування, правильністю виконання будівельно-монтажних робіт.

Використання оцінки якості експлуатації при планування робіт по вдосконаленню технічної експлуатації

Комплексна оцінка якості експлуатації, проведена постійно і на всіх рівнях (від майстерної ділянки до всієї системи в цілому), узагальнення і аналіз результатів такої оцінки дозволяє адресно виявити недоліки в експлуатаційному процесі, їх дійсні і конкретні причини, ступінь серйозності і необхідність у реагуванні, обґрунтовано визначити пріоритетні завдання, що вимагають першочергового рішення.

Причини недоліків можуть будуть викликані помилками в призначенні виробничих режимів, недостатньою кваліфікацією виробничого персоналу, низькою виробничою дисципліною й, з іншого боку, недоліками в технічному обслуговуванні, незадовільною якістю ремонтних робіт, або надмірним зношуванням основних фондів.

Рішення, прийняті на основі оцінки якості експлуатації, можуть бути чисто організаційними, або вимагати витрат на капітальні ремонти, реконструкцію і реновацію.

За змінами виробничих характеристик об'єктів ведеться постійне спостереження, результати якого документуються і є базовим матеріалом для наступного аналізу. На погіршення технічного стану вказує фактичне збільшення інтенсивності відмов або скорочення тривалості безвідмовної роботи.

У деяких випадках при розробці заходів щодо поліпшення якості експлуатації, необхідні перевіірочні розрахунки з використанням даних технічного паспорта об'єкта.

Контрольні питання

1. Вимоги до проектування.
2. Вимоги до будівництва.
3. Забезпечення надійності систем водопостачання.
4. Надійність водозабірних споруд (фактор часу, гідрологічні та гідрогеологічні фактори, метеорологічні, біохімічних механічні фактори).
5. Планування розвитку систем водопостачання.
6. Підтримання надійності систем та об'єктів при експлуатації.
7. Використання оцінки якості експлуатації при плануванні робіт з вдосконалення технічної експлуатації.

Тема 11 СУЧАСНІ МЕТОДИ БУДІВНИЦТВА ТА РЕКОНСТРУКЦІЇ ВОДОПРОВІДНИХ МЕРЕЖ ТА СПОРУД

Вибір матеріалу труб для проектування водопровідних мереж

У цей час для виробництва труб використовуються різноманітні матеріали: метали, пластмаси, кераміка, азбестоцемент, бетон і композиції з декількох матеріалів. Кожен матеріал трубопроводів має свої переваги та недоліки. Щоб зорієнтуватися в цьому різноманітті та обрати потрібний тип труби, необхідно знати призначення трубопроводу, параметри його роботи та необхідну довговічність.

Для зовнішніх водопровідних мереж застосовують: чавунні, сталеві та неметалеві (залізобетонні, азбестоцементні та поліетиленові - з вініпласту, поліетилену та інших пластичних матеріалів) труби. Глибина закладання водопровідних труб, рахуючи до низу, повинна бути на 0,5 м більша розрахункової глибини проникнення в ґрунт нульової температури, при чому необхідно враховувати зовнішні навантаження від транспорту та умови перетину з іншими підземними комунікаціями. На водопровідних мережах встановлюються колодязі зі збірного залізобетону.

У світі, у тому числі в Україні, у системах водопостачання найбільшого застосування набули труби з високоміцного чавуну та полімерних матеріали, такі як поліетилен і полівінілхлорид.

Полімерні труби мають суворі обмеження по робочому тиску, що прямо залежить від середньої температури всього терміну експлуатації та максимального діаметра труби. Із цими обмеженнями треба рахуватися. Розрахунок експлуатаційних характеристик здійснюється відповідно до вимог стандарту ISO 13760 «Пластмасові напірні труби для транспортування рідин».

Тому фактори надійності та міцності полімерних труб значною мірою залежать від температури, умов укладання, навантажень і цілого ряду інших факторів. Полімерні труби під впливом циклічних навантажень мають менший фактор надійності, ніж під впливом статичних. Для стабільної і надійної роботи полімерних труб у мережах водопостачання необхідна установка регуляторів

тиску і температури, а також неухильне виконання вимог по ущільненню подушки та зворотного засипання труб.

Труби з високоміцного чавуну (ВСМЧ) відносять до класу напівтвердих труб, а значить найбільше підходять для підземного закладення завдяки рівномірному розподілу навантажень.

Механічні властивості труб з високоміцного чавуну майже такі ж, як у сталевих труб, і набагато вище, ніж у будь-яких пластикових труб. Дуже важливо відзначити, що ці властивості не погіршуються з часом, що є проблемою для полімерних труб, ці труби не «бояться» також точкових навантажень (проблеми для пластмасових трубопроводів), ударів, вакууму (проблеми тонкостінних труб і пластикових труб невідповідної твердості), гідравлічних ударів і т.д.

У зв'язку з вищевикладеним варто відзначити наступні фактори відносно полімерних труб:

1) рівень аварійності поліетиленових труб у два рази вище в порівнянні із трубами ВСМЧ. Підвищені зовнішні навантаження на гнучку трубу приводять до її деформації і збільшення овальності її поперечного перерізу;

2) можливості виробництва будівельно-монтажних робіт на пластмасових трубопроводах обмежені. Монтаж водопроводів з ПВХ і поліетиленових труб варто проводити (відповідно до інструкцій виробників) при температурі повітря не нижче -5°C . Зі зниженням температури пластичні властивості пластмасових труб різко погіршуються, тому повинні дотримуватися підвищені вимоги по їхньому транспортуванню, розвантаженню, зберіганню, монтажу і зварюванню. Так, при використанні пластмасових труб технічними умовами встановлюється необхідність їхньої теплоізоляції дорогим листовим чарунковим стиролом, установка наметів для утеплення і т.п.;

3) прокладка поліетиленових труб відкритим способом вимагає виконання великого, тривалого обсягу підготовчих робіт, що не завжди можливо в умовах щільної міської забудови; в умовах великого насичення підземного простору інженерними комунікаціями така прокладка дуже ускладнена та приводить до значного подорожчання будівельно-монтажних робіт;

4) для труб, питного водопостачання, надзвичайно важливо протягом тривалого часу гарантоване збереження їх характеристик міцності, довговічності та забезпечення необхідної якості води, що транспортується, чого не можна сказати про полімерні труби.

Як показує 50-річний досвід експлуатації трубопровідних систем з високоміцного чавуну, труби ВСМЧ працюють надійно та довгостроково практично при будь-яких умовах. Однак в особливо корозійних ґрунтах та у місцях електричних блукаючих струмів високої щільності їм може знадобитися додатковий захист у вигляді поліетиленової оболонки, зовнішнього покриття металевим цинком або катодним захистом. Спираючись на вищевикладене, слід зазначити, що в процесі вибору труб для проектування, будівництва і

експлуатації мереж водопостачання потрібно розглядати всі сторони можливого використання як полімерних, так і різного виду металевих труб.

Відкритий спосіб ремонту

Ремонт трубопроводів - серйозна проблема, сполучена з великими витратами. Інша проблема - складність монтажу системи трубопроводу і пов'язані з нею витрати.

Розглядати властивості труб доцільно по виду матеріалу, з якого вони виготовлені, тому що вид матеріалу визначає експлуатаційні характеристики труби, її довговічність, методи монтажу та звісно, вартість. Кожна з вищезгаданих систем трубопроводів повинна застосовуватися інженерами-проектувальниками залежно від конкретних умов експлуатації і техніко-економічних розрахунків.

Відкритий спосіб ремонту та відновлення трубопроводів має значні переваги перед закритим, якщо глибина залягання мережі незначна та мають місце сильні локальні пошкодження великої кількості приєднаних каналів. При цьому забезпечуються належна якість і довговічність стикових з'єднань. Відкритий спосіб ремонту та відновлення дозволяє:

- без особливих проблем збільшувати поперечні перерізи трубопроводу;
- проводити ремонтно-відбудовчі роботи незалежно від поперечного переріза відновлюваної ділянки, розмірів траси;
- здійснювати роботи незалежно від геологічних і гідрогеологічних умов і глибини залягання трубопроводу;
- вибирати найбільш зручну трасу.

Відкритий спосіб прокладання труб виконується в 5 етапів:

- розкопування траншеї потрібної глибини;
- підготовка підвалин трубопроводу;
- укладання нової труби;
- зворотне засипання;
- відновлення ґрунту та зелених насаджень, благоустрій об'єкта.



Рисунок 11.1 – Відкритий спосіб прокладки

Разом з тим відкритий спосіб має ряд недоліків:

- створюються незручності для мешканців даного району, і в першу чергу для пішоходів;
- необхідність вживати заходів до зниження рівня ґрунтових вод, і особливо дощових вод;
- при веденні робіт доводиться враховувати паралельні і пересічні комунікації міського господарства;
- необхідно вирішувати проблеми, пов'язані з водовідливом і зміцненням стінок розроблювальних траншей.

При ремонті та відновленні трубопроводів відкритим способом застосовуються норми та правила для нового будівництва:

- розробляють систему об'їздів і заходи безпеки для пішоходів;
- локально знижують рівень ґрунтових вод і вод, які накопичилися після аварії;
- вживають заходів, щоб запобігти пошкодженню паралельних і пересічних трубопроводів різного призначення, у тому числі водопроводу, газопроводу, тепломереж і ін.

Безтраншейна санація – нове рішення для ремонту та модернізації мереж водопостачання і каналізації. На відміну від відкритого способу ремонту цей метод дозволяє в кілька разів швидше та з меншими витратами здійснити відновлення комунікацій.

Ремонт відбувається шляхом протягання полімерного рукава в пошкоджену або зруйновану трубу.

Спосіб придатний для напірних, і безнапірних трубопроводів.

Зниження діаметра труби в результаті санації компенсується гладкою внутрішньою поверхнею полімерних труб з коефіцієнтом шорсткості 0,01 мм (завдяки зменшенню тертя рідини об стінки пропускна здатність трубопроводу практично не міняється).

Руйнування зношеної труби та влаштування нової при безтраншейних технологіях виконують одним зі способів, статичним або динамічним. Сьогодні найбільш прогресивним вважається перший спосіб. На відміну від другого, він не супроводжується ударними впливами техніки, тобто відсутня руйнівна вібрація навколо труб.

Установки систем для безтраншейної заміни трубопроводів швидко збираються та приводяться в робочий стан. Устаткування для безтраншейної технології проведення робіт дозволяє замінити чавунні, сталеві, бетонні, керамічні труби. Замість старих прокладають труби із ПВХ, ПВХД різної довжини. .

У цей час існує п'ять основних способів безтраншейного ремонту трубопроводів:

«труба в трубі» - протаскування усередину трубопроводу, що ремонтується нового рукава труб з поліетилену. При цьому зовнішній діаметр поліетиленового рукава близький до внутрішнього діаметра ділянки, що ремонтується але завжди менше діаметра останнього;

«виламування» - віброударне або гідравлічне руйнування ділянки, що ремонтується з метою протаскування нового поліетиленового трубопроводу або відрізків труб, при цьому діаметр трубопроводу після ремонту стає на один типорозмір більше вихідного діаметра трубопроводу;

«панчоха» - протаскування усередину ділянки, що ремонтується трубопроводу - панчохи зі спеціальних матеріалів, при цьому після спеціальної обробки «панчоха» щільно прилягає до внутрішньої поверхні труби, що ремонтується;

«U-лайн» - протаскування усередину трубопроводу, що підлягає ремонту U-образної труби з поліетилену з наступним її розпрямленням по внутрішній поверхні ділянки за допомогою теплоносія певної температури;

локальний ремонт - закладення стикових з'єднань, місць підключення бічних відводів і невеликих тріщин за допомогою робототехнічних пристроїв.

Нові трубопроводи прокладають, як правило, методом горизонтального буріння. Це поліетиленові труби діаметром від 100 до 1000 мм. Для горизонтального буріння використовуються спеціальна бурова машина, роботою якої керує автомат. Прилади чітко фіксують положення по вертикалі та по горизонталі головної частини бура.

Існують різновиду перерахованих способів, які являють собою комбінацію відомих.

Реалізація перерахованих способів передбачає обов'язкове попереднє проведення двох операцій: гідравлічне очищення внутрішньої поверхні ділянки, що ремонтується; телевізійну інспекцію очищеної поверхні для ухвалення рішення про спосіб і методи наступного ремонту. Виключення становить спосіб «виламування», при якому не потрібно гідравлічного очищення трубопроводу, тому що при «виламуванні» старі ділянки зруйнованої труби ущільнюються в ґрунт, а новий поліетиленовий рукав більшого діаметра займає їхнє місце.

Технологія «труба в трубі без руйнування».

Головними перевагами технології «труба в трубі без руйнування» є невисока вартість та мінімальні технічні складності. При такому ремонті нова труба з поліетилену протягується в стару трубу (рис. 11.2).

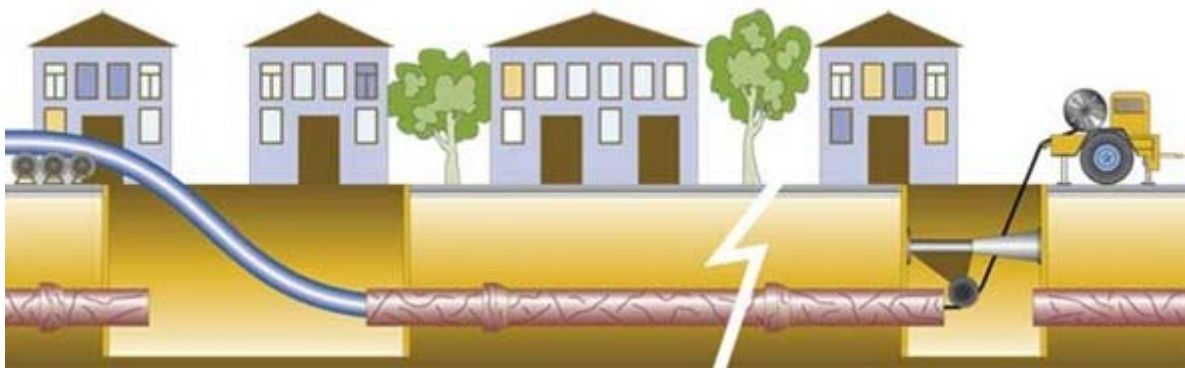


Рисунок 11.2 – Відновлення трубопроводу методом протягування поліетиленової труби без руйнування існуючої труби

Роботи з ремонту трубопроводу можуть проводитися від колодязя до колодязя, із спеціально підготовленого робочого котловану або через нахилену свердловину з мінімумом земляних робіт, а також у нестабільних ґрунтових умовах. Технологія «труба в трубі» застосовується в основному на прямолінійних ділянках трубопроводів без розкриття дорожнього покриття та без обмеження руху транспорту, добре підходить для щільної міської забудови.

Метод зарекомендував себе як в планових реконструкціях комунікацій, так і в аварійних ситуаціях. Перевагами цієї технології є:

- висока економічність, яка проявляється не тільки в низьких затратах на прокладку, але і в технічних особливостях;
- мінімальна тривалість робіт досягається шляхом реконструкції часткових ділянок трубопроводу довжиною до 1000 - 1600 м без додаткових вузлів поєднання;
- мінімальна поверхнева шорсткість поліетиленових труб позитивно впливає на їх гідравлічні характеристики;
- оскільки поліетиленова труба має термін служби не менше 50 років, якість відновленого трубопроводу відповідає якості нового трубопроводу.

На першому етапі трубу, що підлягає ремонту, розкривають, інспектують і прочищають. Після цього в неї протягують полімерний рукав крізь існуючі колодязі або крізь спеціально виритий невеликий котлован. З іншого боку ділянки над колодязем або подібним котлованом встановлюють лебідку, що здійснює протягання (U-Liner). Потім під тиском паром відновлюють круглу форму рукава. Дана технологія дає можливість ремонтувати навіть ушкоджені ділянки з декількома поворотами під кутом в 90°.

Після відновлення вихідної форми U-Liner щільно прилягає до стінок старого трубопроводу, і систему підключають до водопровідної або каналізаційної мережі.

Весь процес санації на ділянці трубопроводу довжиною 100 м і глибиною закладення 2 м займає близько 3–4 годин. Для порівняння: виконання того ж обсягу робіт відкритим способом займає близько 5–7 днів.

Переваги

- висока швидкість санації: в 10-14 разів швидше відкритого способу;
- економічна ефективність системи: на 10-30 % дешевше відкритого способу;
- унікальність: єдино можливий спосіб ремонту на деяких аварійних ділянках, наприклад, що перебувають на території національних парків або прилягаючих до архітектурних пам'яток;
- санація складних ділянок трубопроводних мереж;
- стійкість системи до стирання: систему можна промивати під тиском до 340 бар;
- зниження фінансових ресурсів і зменшення термінів роботи;
- зменшення кількості робочого персоналу;
- можливість проведення робіт у зимовий час;

- мінімальна шкода навколишньому середовищу.



Рисунок 11.3 – Приклад безтраншейного прокладання трубопроводів

Довговічність системи: в 2,5 рази вище номінального терміну служби сталевих труб (більше 50 років).

Одним з прикладів використання технології U-лайнер є технологія «Compack Pipe». Технологія «Compack Pipe» призначена для безтраншейного відновлення ушкоджених водопровідних труб, виготовлених з традиційних матеріалів – чавуна, сталі, бетону, кераміки та азбестоцементу.

Основні переваги системи «Compack Pipe» (рис. 11.4) проявляються в умовах, коли трубопровід недоступний, або закладений в місцях зі жвавим дорожнім рухом, де риття траншеї вельми проблематично або неможливо.



Рисунок 11.4 - Технологія «Compack Pipe»

Будівельні роботи обмежені невеликими котлованами на початку та в кінці траси, а в деяких випадках можлива робота з колодязів. Труба «U-Liner» виготовлюється, як вже було сказано вище, у заводських умовах з поліетилену методом термомеханічного формування. При цьому труба набуває U-образної форми, а поперечний переріз її зменшується на 35%. U-образна труба намотується на транспортувальний барабан. В залежності від розміру труби на один барабан можна намотати і доставити до місця проведення робіт до 1600 м труби. Труба «U-Liner» протягується в старий трубопровід на потрібну довжину (рис. 11.5).



Рисунок 11.5 – Процес установки поліетиленового рукава за технологією Compact Pipe

Метод «панчохи» - ділянка мережі, що ремонтується попередньо очищають струменем високого тиску. Потім використовується технологія протаскування у внутрішню порожнину спеціальної синтетичної панчохи. Після цього роблять технологічне відновлення по внутрішньому периметру трубопроводу. Потім панчоха полімеризується в середовищі гарячої води (пари), певної температури або опромінюється ультрафіолетом, що забезпечує утворення на внутрішній поверхні трубопроводу, міцного інертного шару труби регульованої товщини. Даним способом виконується ремонт безнапірних каналізаційних трубопроводів діаметром до 500 мм.

Технологія горизонтального буріння (ГНБ) отримала широке поширення у всьому світі. Горизонтальне буріння використовується для економічно вигідного та швидкого прокладання трубопроводів і різних інженерних комунікацій без порушення природного ландшафту, мінаючи, таким чином, будь-які наземні перешкоди. Точність методу ГНБ забезпечується роботою локаційної системи установки ГНБ. Всі дані оперативно передаються на інформаційний пульт оператора направлено буріння.

Машина для спрямованого горизонтального буріння встановлюється на невеликій відстані від проколу ГНБ (рис. 11.6.).

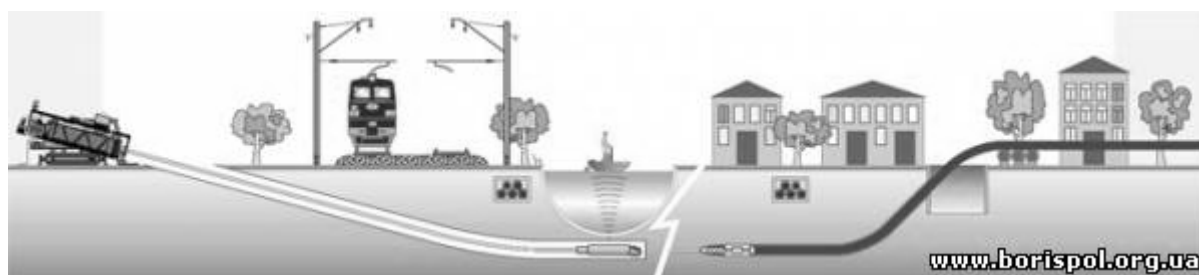


Рисунок 11.6 – Метод горизонтального буріння

По закінченню пілотного буріння, бурова головка з буровим інструментом виходить на поверхню і замінюється на обертовий Ріммер - розширювач, який простягається через готову свердловину, розширюючи канал і, протягуючи трубу. Прокладка методом ГНБ дозволяє встановлювати, як поліетиленові, так і сталеві труби.

До переваг ГНБ буріння технології і проколів методом ГНБ можна віднести оперативність , економічність , обходження наземних штучних і природних перешкод , швидку окупність .

Попередня підготовка трубопроводів Перед початком роботи внутрішня поверхня попередньо відключеного ділянки водопроводу повинна піддаватися ретельному очищенню. Після продувки ділянка, що ремонтується повинна бути ретельно оброблена з метою ліквідації відкладень з внутрішніх стінок за допомогою скребків, щіток, поршнів і піскоструминного очищення з подальшим видаленням забруднень з внутрішньої порожнини трубопроводу. Якість очищення слід контролювати за допомогою телевізійних приладів.

Перед початком проведення відновлювальних робіт необхідно також здійснити діагностування камер перемикавання, виявити наявність осідань, зсувів, а потім по можливості визначити наявність і місце обвалів, просадок труб і т. п.

При підготовці до проведення діагностування, яка виконується із камер перемикавання, припиняється подача води і роз'єднуються засувки та трійники.

Найбільш цінну і досить повну інформацію дає обстеження трубопроводу зсередини за допомогою телевізійних малогабаритних камер (рис. 11.7).

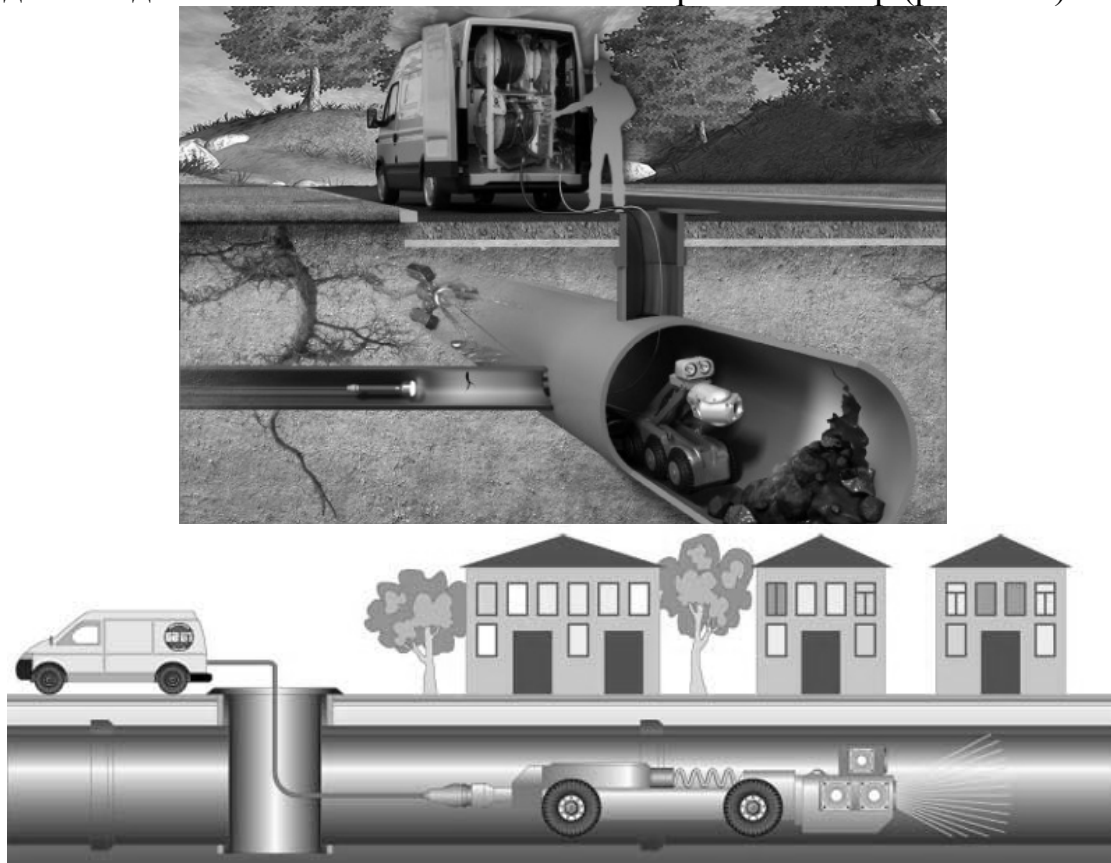


Рисунок 11.7 – Обстеження трубопроводу зсередини за допомогою телевізійних малогабаритних камер

Ефективність проведення TV-діагностики залежить від стану внутрішньої поверхні мережі після гідродинамічного очищення, освітлення мережі і положення камери в середині ділянки, що діагностується.

У разі сильного обростання стінок водопроводу зсередини перед проведенням власне реконструктивних робіт проводять очищення його внутрішньої порожнини методами, що обираються в залежності від розмірів трубопроводу і видів відкладень на його стінках.

Місце для розробки котлованів вибирають з урахуванням конкретної обстановки: забудованої території, наявності підземних і надземних інженерних і транспортних комунікацій, зручності розташування обладнання та розміщення протягують труб, а також стану елементів відновлюваного водопроводу.

Перед початком процесу протягування необхідно здійснити протяжку контрольного зразка з метою виявлення можливостей для якісного тяжіння нового трубопроводу. Контрольний зразок - це з'єднання призначених до протягування 2-х труб, оснащених з обох сторін оголовками, загальною довжиною 5-10 діаметрів.

У місцях обвалів або непрохідних ділянок на мережі, що реконструюється необхідно провести розкривні роботи для вирівнювання та звільнення трубопроводу від засмічень і завалів.

Таким чином, реконструкція водопроводів повинно здійснюватися за допомогою машин, обладнаних спеціальними пристроями і пристосуваннями (барабаном реверс-машини, реверсивної головкою, валиками, баком для води, швидкісним парогенератором, електрогенератором і розподільним пристроєм, телевізійними приладами для діагностування – рис. 11.8).



Рисунок 11.8 – Робототехнічні комплекси для телеінспекції

Контрольні питання

1. Вибір матеріалу труб для проектування водопровідних мереж.
2. Відкритий спосіб ремонту.
3. Переваги та недоліки відкритого способу ремонту.
4. Безтраншейна санація.
5. Основні способи безтраншейного ремонту трубопроводів.
6. «Труба в трубі».
7. «Виламування».
8. «Панчоха».
9. Технологія горизонтального буріння.
10. «U-лайнер».
11. Попередня підготовка трубопроводів.

Тема 12 **ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ**

Загальні положення

Завдання технічного обслуговування полягає в підтримці шляхом проведення ремонтів постійної працездатності об'єктів водопостачання і водовідведення та своєчасної реновації тих з них, які виробили призначений ресурс і досягли граничного стану.

З метою виявлення несправностей, ступеня зношування і інших дефектів проводиться постійне спостереження за технічним станом об'єктів. Контроль має кілька рівнів: зовнішній огляд доступних для цього елементів, періодичний огляд (звичайно, сполучений з поточним ремонтом), випробування устаткування під навантаженням, проведення спеціальних досліджень.

Постійні огляди спрямовані на оперативне виявлення пошкоджень і дозволяють вжити невідкладних заходів, що попереджають більшість ушкоджень.

Періодичні огляди проводяться технічним керівником разом з обслуговуючим персоналом. Огляд включає перевірку стану елементів об'єкта та супроводжується деякими профілактичними роботами, наприклад, із промиванням трубопроводів і устаткування, з набиванням сальників і т.д. Окремі дефекти, виявлені при огляді, відразу ж усуваються.

Залежно від конструкції, відповідальності та доступності для обстеження, частота оглядів об'єкта коливається від 12 місяців до щодобового контролю технічного стану. Огляд носить різний характер від візуального при обході трас водопровідної і каналізаційної мережі, до обстежень, що вимагають відключення споруд.

Як правило, за результатами огляду можна дати досить обґрунтований висновок про технічний стан об'єкта.

Разом з тим, у ряді випадків виникає необхідність у більше глибокому дослідженні. Так, для оцінки працездатності підземного водозабору зі свердловинами, щорічно проводиться дві генеральних перевірки, (сполучені з поточним ремонтом), у ході яких демонтується насосне устаткування та обстежується стан фільтрів і стовбура свердловин, здійснюються пробні відкачки та оцінюються і гідрогеологічні умови водозабору.

Результати огляду фіксуються в журналі оглядів і ремонтів на підставі чого потім складаються дефектні відомості з перерахуванням виявлених пошкоджень і вжитих заходів по їх усуненню.

Випробування устаткування проводиться за графіком. Контрольно-вимірювальні прилади перевіряються щорічно (витратоміри залежно від марки - раз у два-шість років), насосні агрегати випробовуються з побудовою робочих характеристик кожні два роки, втрати напору на контрольних ділянках водогінної мережі вимірюються щорічно.

Результати технічного контролю є підставою для планування ремонтних робіт, а в необхідних випадках - для проведення позачергових ремонтів.

Система планово-попереджувального ремонту (ППР)

Система ППР – сукупність організаційних і технічних заходів щодо нагляду та всіх видів планових ремонтів.

Завдання полягає в попередженні передчасного зношування об'єктів і створення умов для високої якості експлуатації.

На водопровідно-каналізаційному підприємстві створюються центральна ремонтна база, ремонтні цехи, спеціалізовані майстерні і ремонтні бригади, а в окремих випадках власні підприємства з виготовлення оснащення, труб і т.д. Необхідна для проведення ремонтних та інших робіт, (наприклад, по реконструкції) проектна документація може розроблятися проектною групою, що включається в структуру виробничо-технічного відділу, або спеціалізованими проектними організаціями.

При плануванні ремонтних робіт проводяться наступні підготовчі операції: на підставі аналізу якості експлуатації уточнюється перелік споруд та устаткування, що підлягає ремонту; з'ясовується вид і характер ремонтних робіт; визначаються тривалості міжремонтних періодів, структура та тривалість ремонтних циклів для різних видів споруд.

Відповідно до плану проведення ремонтів, роботи забезпечуються проектною та кошторисною документацією, необхідними матеріалами і запасними частинами, виділяється необхідна будівельна техніка, вносяться на період ремонту корективи в експлуатаційний режим.

При організації та проведенні ремонтів варто застосовувати сучасні та найбільш доречні в конкретних умовах методи. Так, ремонти водопровідних і каналізаційних мереж у межах міських територій бажано проводити переважно закритими способами, що не вимагають значного руйнування дорожніх покриттів і перекриття міських автомагістралей. У цих випадках орієнтуються на застосування робототехніки та телеконтролю, на використання відомих вітчизняних або закордонних методів санації труб шляхом створення внутрішньої водонепроникної оболонки.

Найважливішим завданням є організація контролю за якістю ремонтів, а так само розробка або уточнення правил утримання об'єктів, спрямованих на зниження інтенсивності їхнього зношування.

Ремонтні служби виробничих підрозділів (цехів) організують міжремонтне обслуговування об'єктів, керують ремонтами та контролюють їхню якість, вивчають і враховують динаміку спрацювання устаткування, споруд і мереж, планують ремонти, представляють заявки на запасні частини і матеріали, готують устаткування для передачі в ремонт електроцеху та ремонтно-механічним цехам, а також приймають в експлуатацію устаткування після ремонту.

Група ППР координує всі роботи із планово-попереджувальних ремонтів підприємства: проводить облік устаткування, споруд і мереж, ступеня їхнього зношування, вивчає та аналізує причини прискореного зношування, веде облік і звітність із ремонту, здійснює контроль за паспортизацією устаткування та споруд. Група розробляє плани ППР підприємства, становить плани

матеріально-технічного постачання, бере участь у прийомі об'єктів, що вийшли з ремонту та стежить за його якістю.

Чітке функціонування системи ППР є обов'язковою умовою надійної роботи водопровідно-каналізаційного господарства.

Класифікація ремонтних робіт

Ціль планово-попереджувальних ремонтів полягає в підтримці або відновленні експлуатаційних властивостей об'єктів або їхніх окремих елементів. Під експлуатаційними властивостями варто розуміти ті, як впливають на якість експлуатації: надійність, екологічність, економічність і безпека життєдіяльності персоналу.

Розрізняють поточні та капітальні ремонти.

Вважається, що капітальні ремонти повністю відновлюють працездатність об'єкта, а поточні – частково. В останньому випадку ймовірність безвідмовної роботи об'єкта в процесі експлуатації підтримується на заздалегідь прийнятому, досить високому рівні, цей рівень призначається залежно від відповідальності даного об'єкта в системі водопостачання або водовідведення.

Поточний ремонт носить попереджувальний характер і призначений охороняти об'єкт і його елементи від передчасного зношування шляхом профілактичного обслуговування та усунення дрібних дефектів. Так, при поточному ремонті насосів здійснюється: зміна прокладок, набивання сальників, змащення ущільнювальних кілець.

Плановий поточний ремонт проводиться регулярно протягом року і у позачерговому порядку згідно графіка, за результатами поточних оглядів, діагностики технічного стану, що виявилися в ході експлуатації.

Поточний ремонт включає: заздалегідь заплановані операції профілактичні та додаткові роботи, необхідність яких виявилася в процесі експлуатації.

Як правило, поточний ремонт виконується силами оперативного персоналу із залученням в окремих випадках спеціалізованих ремонтних бригад.

В інтервалах між поточними ремонтами інтенсивність відмов і відповідні значення ймовірності безвідмовної роботи не повинні виходити за призначені межі, хоча і погіршуються.

Поточний ремонт є основою нормальної експлуатації (у межах розрахункового терміну) споруд та устаткування.

Капітальний ремонт має на меті досягнення початкової працездатності об'єкта та передбачає відновлення або заміну зношених елементів: конструкцій, деталей устаткування, споруд, трубопроводів.

Необхідність у проведенні капітального ремонту встановлюється за даними діагностики технічного стану об'єкта, проведеної ремонтними службами.

Капітальні ремонти можуть бути вибірковими або комплексними. При вибіркових ремонтуються або замінюються тільки ті зношені елементи об'єкта,

стан яких загрожує нормальній роботі системи, а також у випадках, коли надмірно тривалий комплексний капітальний ремонт може виявитися причиною відмови всієї системи, або не доцільний за техніко-економічними міркуваннями.

Зрозуміло, при вибіркового ремонту в першу чергу відновлюються або замінюються елементи, стан яких загрожує відмовою або погіршенням інших показників якості експлуатації, особливо умов праці.

При комплексному ремонті відбувається ревізія стану, і ремонтуються основні елементи об'єкта. Проміжок часу між завершенням попереднього та початком наступного капітального ремонту називається **робочим циклом**. Приміром, для водозабірних свердловин ремонтний цикл становить 3 роки, для колодязів і камер на водогінній мережі 5 років, для мережних засувки 2 роки і т.д.

У межах призначеного ресурсу або фактичного значення корисного терміну служби об'єкта виявляється кілька робочих циклів, тривалість яких поступово зменшується. При досягненні об'єктом граничного стану він підлягає заміні.

Планування і організація ремонтних робіт

Процедура планування та організації планово-попереджувальних ремонтів включає п'ять послідовних етапів.

На першому етапі проходить збір, аналіз і систематизація інформації про технічний стан об'єктів систем водопостачання та водовідведення і дається оцінка якості експлуатації. Далі потрібно зробити запис в оперативних та інших журналах, які повинні бути досить докладними, змістовними та неодмінно об'єктивними.

Одним з обов'язків інженерно-технічного персоналу є контроль за грамотним веденням документації про технічний стан об'єктів.

У результаті обробки вихідних матеріалів встановлюються конкретні елементи об'єкта, що знаходяться у ремонті або заміні.

На другому етапі складаються плани ремонтних робіт. Планування може бути перспективним та оперативним. Перспективні плани розробляються з метою забезпечити безперервність ремонтних робіт та є основою для оперативного планування.

Річний план-графік капітальних ремонтів є основою для розробки для кожного об'єкта власного оперативного плану-графіка, у якому за узгодженням з диспетчерською службою Водоканалу уточнюються терміни виводу споруд або устаткування в ремонт. Плани проходять відповідне затвердження.

На третьому етапі ведеться підготовка до матеріально-технічного забезпечення ремонтних робіт, відповідно до затвердженого плану-графіка.

Для капітальних ремонтів готується проектно-кошторисна документація, у якій визначені технологія, обсяг робіт, вартість і терміни ремонту.

При проектуванні капітальних ремонтів об'єкт не обов'язково відновлюється в початковому вигляді. Доцільно здійснювати заміну застарілого обладнання та вузлів, використовувати сучасні та більш ефективні будівельні

матеріали та вироби. Зокрема, при ремонті водогінних мереж необхідно застосовувати замість недовговічних та погіршуючих якість питної води сталевих полімерні труби або труби з високоміцного чавуну.

Технологія капітального ремонту повинна враховувати вимоги про збереження на час провадження робіт надійності всієї системи. Умови проведення капітальних ремонтів або реконструкції складних об'єктів, наприклад, водопровідних станцій, залежить від того, чи є на об'єктах паралельні та взаємозалежні технологічні лінії, частина яких може бути відключена для проведення робіт, а інші продовжують функціонувати у форсованому режимі. При капітальному ремонті очисних споруд збереження їхньої продуктивності на мінімально припустимому рівні досягається за рахунок першочергового введення в експлуатацію так званих компенсаційних потужностей, здатних тимчасово працювати з перевантаженнями в певний період року.

На четвертому етапі проводяться ремонтні роботи, що здійснюються власними силами та із залученням підрядних організацій. Організовується та здійснюється постадійний контроль якості ремонтних робіт, включаючи в деяких випадках проміжні випробування та складання актів на приховані роботи.

У заздалегідь передбачених випадках організується тимчасове водопостачання та водовідведення, у тому числі прокладка тимчасових комунікацій і розміщення насосних установок або доставка питної води населенню транспортом.

Після завершення робіт всі тимчасові установки демонтуються, а збиток, нанесений міському господарству повністю відшкодовується (відновлення дорожніх покриттів, зелених насаджень та інших елементів благоустрою).

П'ятий етап полягає в прийманні відремонтованих споруд, мереж і устаткування. Випробування об'єктів проводять відповідно до діючих правил. Виконавча документація підлягає зберіганню, зміни вносяться в технічний паспорт об'єкта.

Заключною операцією є проведення пуско-налагоджувальних робіт з метою доведення об'єкта до необхідного для нормальної експлуатації стану та встановленні необхідного експлуатаційного режиму. Якщо в процесі капітального ремонту об'єкт був фактично реконструйований і технологія його обслуговування змінилася, складаються нові регламенти експлуатації, вносяться зміни в робочі карти і т.д.

Розрахунок графіка ремонтного циклу з використанням теорії надійності

При складанні графіка ремонтного циклу необхідно визначити тривалості міжремонтних періодів, поточних ремонтів і капітального ремонту.

У таблиці 12.1 наведені орієнтовні значення інтервалів між поточними ремонтами (тривалість міжремонтних періодів) і капітальними ремонтами (загальна тривалість циклу).

Таблиця 12.1 – Періодичність оглядів і ремонтів споруд та устаткування

Найменування об'єкта	Тривалість періоду між, мес.		
	огляд	поточний ремонт	капітальний ремонт
1. Водопровідні і каналізаційні трубопроводи	2	12	По необхідності
2. Дюкери	6	12	24
3. Колодязі та камери на мережах	2 (обхід) 6 (внутр.огляд)	12	60
4. Мережні засувки	6	12	24
5. Водопровідні вводи в будинки	6	12	По необхідності
6. Резервуари	3	24	60
7. Водонапірні башти	3	12	60
8. Берегові колодязі річкових водозаборів	щодня	6	60
9. Оголовки річкових водозаборів	6	6	24
10. Водяні свердловини	щодня	6	36
11. Горизонтальні водозабори	2	6	За місцевими умовами
12. Насоси горизонтальні водопровідні та повітродувки	1	3	36
13. Теж заглибні, вакуум-насоси, каналізаційні насоси	1	3	24
14. Контрольно-вимірювальне устаткування	1	12	36
15. Устаткування для готування і дозування реагентів, змішувачі, камери пластівцеутворення	12	12	24
16. Водопровідні відстійники	12	12	36
17. Фільтри освітлювальні	3	12	36
18. Хлораторні установки та бактерицидні установки	щодня	6	12

Ці дані можуть бути використані лише для попередніх розрахунків, але в конкретних умовах призначаються з урахуванням дійсного технічного стану об'єкта. Відповідні розрахунки можуть бути виконані досить точно на науковій основі з використанням теорії надійності.

Тривалість міжремонтних періодів

Протягом міжремонтного періоду ймовірність безвідмовної роботи об'єкта знижуються. Наприкінці періоду, тобто перед черговим поточним

ремонт, ймовірність безвідмовної роботи повинна дорівнювати або перевищувати заздалегідь прийняте мінімальне значення P_{min} , що відповідає значимості об'єкта. Якщо на початку першого (після капітального ремонту) $P_{нач} = 1,0$, то після кожного з поточних ремонтів, при яких надійність відновлюється не повністю, а тільки на 90-95 %, P поступово знижується після кожного чергового технічного ремонту.

Якщо прийняти тривалість міжремонтних періодів для всього ремонтного циклу однакою, що зручно з технічних причин, ймовірність безвідмовної роботи об'єкта досягає мінімуму тільки наприкінці останнього періоду, тобто напередодні чергового капітального ремонту; протягом всіх інших періодів безвідмовність буде перевищувати мінімальну (рис. 12.1, А).

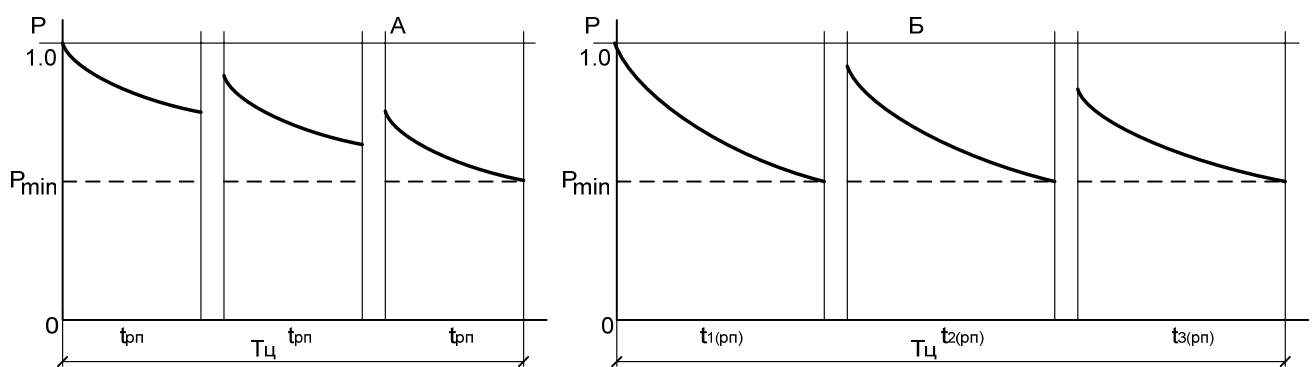


Рисунок 12.1 – Графіки потокового ремонту

Розрахунок значення мінімальної ймовірності безвідмовної роботи об'єкта визначається по формулі:

$$P_{min} = 1 - (1 - e^{-\lambda t_{м.п}}) \left[1 - K \left(\frac{T_{ц}}{t_{м.п}} - 1 \right) \right], \quad (12.1)$$

де $t_{м.п}$ – тривалість міжремонтного періоду, год, (приймається однаковою для всього циклу);

$T_{ц}$ – тривалість часу між початком першого та кінцем останнього міжремонтного періоду в циклі, год;

K – коефіцієнт, що враховує неповне відновлення працездатності об'єкта після чергового поточного ремонту (приймається 0,05-0,10).

Якщо об'єкт експлуатується періодично, як це передбачається для ненавантаженого резервування, технологічні простой не враховуються при визначенні значення $T_{ц}$

На рис 12.1, Б наведений другий варіант графіка поточних ремонтів, відповідно до якого тривалість міжремонтних періодів не однакова $T_{ц}$ зменшується. Протягом кожного періоду ймовірність безвідмовної роботи об'єкта знижується до P_{min} .

Перший з розглянутих варіантів передбачає більшу кількість поточних ремонтів протягом T_u , але мінімальне значення безвідмовності досягається тільки один раз, а до цього $P > P_{min}$.

Вибір графіка залежить від конкретних умов та, зокрема, від ступеню відповідальності об'єкта.

Тривалість поточного ремонту

Планові роботи з поточного ремонту носять профілактичний характер, їхні обсяги та зміст заздалегідь відомі, а тривалість обґрунтована. Позапланові поточні ремонти, термінова необхідність яких виникла внаслідок відмов або виявлених при оглядах несправностей, не можуть заздалегідь плануватися, але тривалість прогнозується по наявному досвіду експлуатації.

Тривалість відключення об'єктів у зв'язку з ремонтами (як поточними, так і капітальними) складається з організаційної та активної.

Організаційний період пов'язаний з витратою часу на підготовку до виконання ремонтних робіт, а активний - безпосередньо на виконання роботи.

Тривалість капітальних ремонтів

Тривалість капітальних робіт визначається залежно від їхньої трудомісткості та фактичної ремонтпридатності. Разом з тим їхня тривалість, як відзначалося вище, лімітується умовами надійності. Оскільки при капітальному ремонті елемент втратив працездатність, реалізуються резервні потужності, а безвідмовність об'єкта знижується. Необхідна впевненість у тому, що під час капітального ремонту не відбудеться відмови ще одного аналогічного елемента і не виникне відмова всього об'єкта.

Розглянемо рішення завдання про ймовірності безвідмовної роботи об'єкта при структурному резервуванні та з урахуванням відновлення працездатності протягом призначеної тривалості ремонту.

Припустимо об'єкт складається з n елементів, з яких m основних і $n-m$ резервних. Ймовірність безвідмовної роботи об'єкта:

$$P^*_{(t_p)} = e^{-\lambda t_p}, \quad (12.2)$$

де λ - інтенсивність відмови об'єкта; t_p - призначена тривалість ремонту.

$$\lambda = m t_p^{n-k} \sum_{s_1=1}^{S_1} \prod_{i=1}^k \lambda_{\varepsilon_i} \quad (12.3)$$

у формулі (12.3) $k = n - m + 1$ - мінімальна кількість елементів, що повинна залишатися працездатним для безвідмовного функціонування об'єкта;

\prod - символ, що означає добуток λ_{ε_i} ;

λ_{ε_i} - інтенсивність відмов елементів; S_1 - кількість станів об'єкта, при яких число несправних елементів дорівнює K .

Передбачається, що ремонт об'єкта починається відразу ж після відмови відновлюваного елемента.

Контрольні питання

1. Завдання та організація системи планового проведення ремонтів.
2. Види ремонтів і структура ремонтного циклу.
3. З яких етапів складається планування ремонтних робіт?
4. Як розраховується тривалість міжремонтних періодів?
5. З яких міркуваннях призначається максимальна тривалість капітальних ремонтів?
6. Класифікація ремонтних робіт.
7. Тривалість поточного ремонту.

ЗМ 3 ПІДВИЩЕННЯ СТУПЕНЯ БЕЗПЕКИ ТА НАДІЙНОСТІ СИСТЕМ ВОДОВІДВЕДЕННЯ

Тема 13 ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИ НАДІЙНОСТІ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ МЕРЕЖ

Каналізаційні споруди повинні бути працездатними на весь розрахунковий період їх функціонування, встановлений у проекті. На існуючих каналізаційних системах і спорудах, що реконструюються та технічно переоснащуються, надійність роботи забезпечується виконанням регламентованих процедур:

- паспортизацією об'єктів;
- санацією зношених каналізаційних мереж;
- заміною зношеного та застарілого обладнання;
- заміною кородованих елементів та використання більш стійких і міцних матеріалів;
- застосуванням сучасних методів очищення стічних вод та обробки осадів;
- захистом персоналу та навколишнього природного середовища від шкідливих викидів.

При проектуванні потрібно враховувати вимоги таких нормативних документів:

- забезпечення міцності та стійкості згідно з ДБН В.1.2-6;
- забезпечення пожежної безпеки згідно з ДБН В.1.1-7, та ДБН В.2.-7;
- забезпечення захисту від шуму згідно ДБН В.1.2-10.

Основними параметрами надійності каналізаційних мереж є довговічність і частота аварій. На ці параметри впливає цілий ряд факторів, які перераховані в табл. 13.1. і 13.2. Всі перераховані фактори, крім гідрогеологічних умов, можуть задаватися проектувальником. Таким чином, довговічність мереж на 85,4% залежить від проектувальника.

Ряд факторів в обох таблицях пов'язаний між собою. Так, корозійне руйнування зводу труб залежить від матеріалу труб, системи провітрювання,

складу і швидкості руху стоків. Стирання лотка також залежить від матеріалу труб і швидкості руху стоків.

Таблиця 13.1 – Вплив різних факторів на довговічність каналізаційних мереж (за І.А. Абрамовичем)

№ п/п	Найменування факторів	Рівень значимості, %
1	Матеріал труб мережі	18,2
2	Показники якості (склад) стічних вод	17,6
3	Швидкість руху стоків	14,8
4	Гідрогеологічні умови	14,6
5	Система провітрювання мережі	11,2
6	Конструкція і якість закладення стиків	10,0
7	Різновид системи каналізації	7,0
8	Глибина закладення труб	6,6

Σ100

Таблиця 13.2 – Вплив різних факторів на частоту аварій каналізаційних мереж

№ п/п	Причини аварій каналізаційних колекторів	Частка аварій з даної причини, %
1	Корозія зводу труб мереж	24,0
2	Стирання лотка труб	22,0
3	Руйнування колодязів	21,0
4	Руйнування тіла труб ззовні	18,0
5	Руйнування стикових з'єднань	15,0

Σ100

Підвищити надійність каналізаційних мереж можливо шляхом регулювання факторів, що визначають її: застосовувати більше довговічні матеріали, знижувати інтенсивність корозії, застосовувати демпфірування і кільцювання мереж.

Підвищення надійності мережі шляхом зміни її схеми можливо двома шляхами (рис. 13.1):

1. Дублювання головного та бічного колекторів.
2. Перехід від тупикової схеми до кільцевої.

Дублювання колекторів із влаштуванням перемичок між паралельними лініями забезпечує високу надійність мережі, однак вимагає підвищених матеріальних і фінансових витрат у зв'язку зі значним збільшенням довжини трубопроводів.

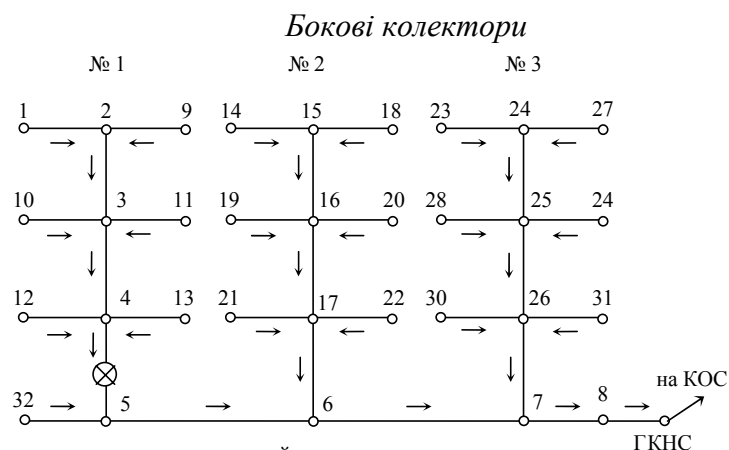


Рисунок 13.1 – Традиційна схема каналізаційної мережі
(5-6-7-8-ГКНС) - головний колектор
(2-3-4-5), (15-16-17-6), (24-25-26-7 - бокові колектори
Інші ділянки-вуличні лінії
⊗ - Місце аварії

Кільцева схема мережі не вимагає такого подовження тому є більш привабливою. Просте влаштування перемичок між точками 9 і 14, 11 і 19, 13 і 21, а також між 18 і 23, 20 і 28, 22 і 30 без зміни діаметрів ліній, що перемикають, не може значно підвищити надійність мережі. Лінії, що перемикають, (2-9 і 14-15, 3-11 і 19-16 і т.д.) звичайно мають найбільші діаметри та не можуть забезпечити перекидання всіх стоків з ушкодженого бічного колектора в сусідній колектор. Бічні колектори повинні бути з'єднані перемичками, діаметри яких дорівнюють діаметрам колекторів. У такому випадку, кільцювання каналізаційної мережі перетворює її в аналог кільцевої магістральної водогінної мережі (рис. 13.2). Зрозуміло, при цьому повинен враховуватися рельєф місцевості та необхідність забезпечення самопливного руху стічних вод. Бажано мати приблизно рівномірний розподіл витрат води між лініями мережі, щоб забезпечити однакову значимість ділянок. Цього можна домогтися шляхом зміни діаметрів та ухилів ліній. Обов'язкове влаштування не менш двох головних каналізаційних насосних станцій.

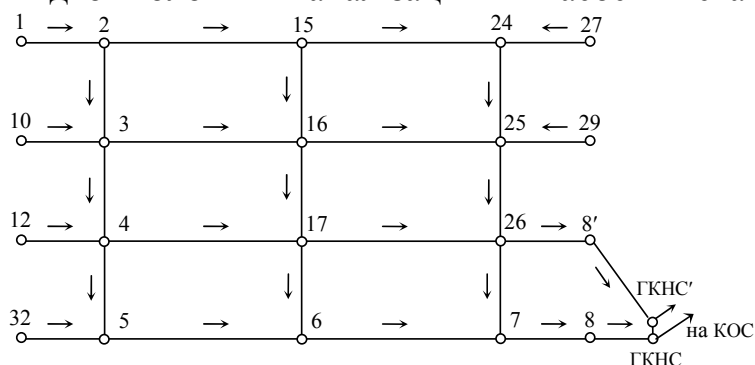


Рисунок 13.2 – Схема кільцевої каналізаційної мережі

Для чисельної оцінки надійності мережі необхідне складання її структурно-логічної схеми. При її складанні врахуємо, що відмова будь-якої ділянки кільцевої мережі не приводить до відмови інших ділянок. Тобто всі ділянки мережі в структурно-логічній схемі повинні бути з'єднані паралельно.

Тільки одночасна відмова ділянок, що прилягають до вузлів 7 і 26 може привести до відмови всієї мережі.

Відзначимо, що велика кількість паралельно включених елементів значно підвищує надійність мережі. Кількісними параметрами надійності є коефіцієнт готовності системи K_r і наробіток на відмову To_i , допоміжними параметрами є ймовірність безвідмовної роботи P_i і середній час відновлення (ремонт) T_v . Для ділянок мережі вони обчислюються за формулами:

$$K_{zi} = \left(\frac{\mu_i}{\mu_i + \lambda_i} \right)^{L_i}; \quad (13.1)$$

$$P_i = e^{-\lambda_i L_i t_i}; \quad (13.2)$$

$$T_{oi} = \frac{1}{\lambda_i L_i}; \quad (13.3)$$

$$T_{Bi} = T_o \frac{1 - K_{zi}}{K_{zi}} \quad (13.4)$$

де: μ_i – інтенсивність відновлення 1 км трубопроводу, 1/година·км;

λ_i – інтенсивність відмов 1 км трубопроводу, 1/година·км;

L_i – довжина і-го ділянки каналізаційної мережі, км;

t_i – час, година.

Величини λ_i та μ_i вибираються з довідкової літератури залежно від матеріалу та діаметра труб на ділянці. Час t_i призначається рівним $(t_{zi} + 1)$, де t_{zi} – тривалість експлуатації ділянки мережі від моменту пуску до дійсного моменту (років), якщо трубопровід новий, то $t_{zi} = 0$.

Надійність та безаварійність каналізаційних тунелів

Найнебезпечніша корозія для бетонних і залізобетонних труб, викликається вона виділенням сірководню зі стічних вод. Для зниження сірководневої корозії необхідно здійснювати облицювання залізобетонних труб полімерними плівками, поліпшувати вентиляцію мережі, влаштовувати дегазаційні камери в місцях переходу напірних колекторів у самотливні, або використовувати керамічні чи поліетиленові труби.

Помітно підвищує надійність кільцювання мереж, наприклад, на верхніх ділянках влаштовуються перемички, що дозволяють перекидати стоки у випадку аварії в інший колектор. Ще більше підвищується надійність при кільцюванні низових ділянок головних колекторів глибокого закладення (наприклад, у м. Харкові закільцьовані головні колектори діаметром 3,2 м, 2,5 м і 1,8 м).

Якщо кільцювання не можливо, то доводиться найбільш відповідальні колектори дублювати. Можливо також влаштування аварійних резервуарів на насосних станціях для перекачування води. Краще використовувати вертикальні каналізаційні насоси. Це забезпечує незатоплюваність електродвигунів.

Розрахунок надійності каналізаційних мереж, насосних станцій і очисних споруд може здійснюватися за стандартною методикою.

Категорії каналізаційних тунелів

Особливу увагу слід приділити колекторам глибокого залягання. Слід зазначити що до колекторів відносять трубопроводи діаметром 1200 мм та вище, виконані за допомогою спеціальних щитів для проходження чи відкритим способом, які збирають стоки з одного чи кількох басейнів. Основними характеристиками тунелю слід вважати забезпеченість водовідведення, аварійність та капітальність. В залежності від забезпеченості водовідведення тунелі можуть бути розділені на три категорії:

Таблиця 13.3 – Категорії каналізаційних тунелів

Категорія забезпеченості водовідведення	Характеристика роботи тунелю
I	Не допускається вимикання з системи водовідведення
II	Допускається вимикання окремих ділянок тунелю чи зниження витрати стічних вод
III	Допускається тривала перерва на транспортування стічних вод вздовж тунелю

До I категорії потрібно відносити тунелі, що не мають дублювання, які обслуговують міські території, що не мають водних потоків, та не мають можливості скиду в аварійних ситуаціях. Вони повинні бути доступні для телевізійного та візуального обстеження, з можливим поточним локальним ремонтом.

До II категорії можуть відноситися тунелі, що мають можливість нетривалого скиду стічних вод в найближчі водойми чи використання пересувних насосних станцій для перекачування стоків в найближчу водовідвідну мережу. Вони повинні бути доступні для візуального обстеження, з можливим поточним ремонтом.

До III категорії слід віднести тунелі, які мають можливість переведення стічних вод в дублюючі тунелі чи трубопроводи.

Періодичність огляду тунелів встановлюється в залежності від категорії забезпеченості водовідведення та категорії аварійності. Під категорією аварійності розуміють комплекс факторів, що діють на конструкцію тунелю та викликають його руйнацію.

Серед факторів головним є агресивність стічних вод, швидкість руху, наявність перепадів, агресивних ґрунтових вод. Фактори пропонуються оцінювати в балах.

Передбачається 3 категорії аварійності: I-й категорії відповідає сума балів (згідно таблиці більше ніж 25, II-й сума балів 15-25, III-й сума балів 0-15).

Огляд колекторів I категорії забезпеченості і I категорії аварійності необхідно проводити 2 рази на рік, II категорії забезпеченості та II категорії аварійності – один раз на два роки. На підставі даних огляду розробляються плани поточного та капітального ремонтів.

Таблиця 13.4 - Оцінка факторів аварійності тунелів

Найменування факторів	Значення факторів та їх оцінка				
1. Температура стоків, °С	5	10	15	20	<20
Оцінка факторів в балах	0	2	4	10	20
2. Тривалість руху рідини тунелем	1	3	6	12	24
Оцінка в балах	0	1	4	6	15
3. Середньодобова швидкість руху стічних вод в тунелі, м/м	1	0,8	0,6	0,4	0,2
Оцінка в балах: при наявності ділянки зі швидкістю руху:					
0,6 м/с				10	15
1,0 м/с	0	1	2	6	10
1,5 м/с	0	0	0	2	6
4. Наявність перепадів різної конструкції	З водо-зливом практичного профілю	З вільним падінням струменя	Багато-ступінча сті	швид-ко-токи	трубчаті
Оцінка в балах	4	10	10	5	3
5. Додаткові фактори	Наяв-ність ділянок з напірним рухом	Наявність стічних вод з ХПК≥350 мг/л та сульфідів > 1мг/л	Наявність ґрунтових вод		
			неагре-сивні	слабо агресивні	агресивні
Оцінка в балах	5	5	1	3	10

При поточному ремонті виконуються роботи з систематичного захисту споруд від передчасного зношування, при цьому тунель може вимикатися на нетривалий час. При капітальному ремонті виконується відновлення чи заміна крупних елементів підземних споруд, що потребує вимкнення тунелю з роботи на тривалий час.

Конструкція тунелю та матеріали для його будівництва обираються на основі категорії капітальності споруд, та навпаки, - обрані матеріали та конструкції визначають категорію капітальності.

Обрана категорія капітальності повинна відповідати категорії забезпеченості та дозволяти відведення стічних вод протягом нормативного терміну – 100 років. Для визначення категорії капітальності можна використовувати данні таблиці.

Таблиця 13.5 – Категорії капітальності

Категорія капітальності	Відмінності тунелів	Характеристика матеріалів, що застосовуються
I	Всі конструктивні елементи тунелів розраховані на нормативний термін служби, протягом якого можливий локальний поточний ремонт окремих елементів споруд. Капітальний ремонт та реконструкція можливі тільки у в нештатних ситуаціях (аварія, стихійне лихо)	Конструкції тунелів виконані з високоміцних, антикорозійних матеріалів, що піддаються витиранню, з використанням полімерних покриттів, що здатні працювати в агресивному середовищі.
II	Окремі конструктивні елементи тунелю і споруди на ньому мають термін служби менше нормативного. Протягом терміну служби можливі поточний та капітальний ремонти окремих ділянок тунелю та споруди на ньому.	Окремі елементи конструкцій тунелю виконані з матеріалів, не здатних тривалий час протидіяти агресивному середовищу. Необхідно проводити планові ремонти із захисту тунелю від впливу агресивного середовища за допомогою покриттів, аерації та хімічної обробки стоків.
III	Конструктивні елементи тунелю та споруди на ньому можуть мати термін служби менше нормативного. Протягом терміну служби можливі поточний та капітальний ремонти, реконструкція як окремих ділянок, так і всього тунелю в цілому.	Конструкції тунелю виконані з матеріалів, здатних тривалий час працювати в неагресивному середовищі.

Віднесення тунелю до будь-якої категорії капітальності може здійснюватися згідно даних цієї таблиці, або рішенням керівництва підприємства з відповідним обґрунтуванням.

Контрольні питання

1. Основні параметри надійності каналізаційних мереж.
2. Фактори, що впливають на довговічність каналізаційних мереж.
3. Фактори, що впливають на частоту аварій каналізаційних мереж.
4. Способи підвищення надійності каналізаційних мереж.
5. Надійність та безаварійність каналізаційних тунелів.
6. Категорії аварійності каналізаційних тунелів.
7. Категорії капітальності каналізаційних тунелів.

Тема 14 **ОСНОВНІ ПРИЧИНИ ЗНИЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ МЕРЕЖ. ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ РОБОТИ МЕРЕЖ ВОДОВІДВЕДЕННЯ ЗА РАХУНОК САНАЦІЇ**

Фактори, що впливають на надійність систем водовідведення

Системи водопостачання та водовідведення є системами енергетики, та надійність їх функціонування повинна бути узгоджена з надійністю всього енергетичного комплекс в цілому. Оскільки робота системи водовідведення пов'язана з обслуговуванням людей, то відмови систем слів вважати недопустимими. Однак в реальному житті це неможливо.

На надійність систем комунального господарства впливають 2 групи факторів: випадкові та прогнозуємі.

Випадкові впливи виникають поза всілякими закономірностями. До них відносяться механічні пошкодження елементів систем, раптові відключення електропостачання, природні катастрофи (повінь, землетрус, ураган).

Прогнозуємі впливи виникають внаслідок протікання природних процесів: старіння елементів систем, корозія, планові ремонтні роботи, підвищений попит на послуги внаслідок зростання населення и промисловості.

Іноді впливи поділяють на внутрішні та зовнішні. Зовнішні виникають від зовнішніх причин (природні катастрофи, вимикання електроенергії). Внутрішні впливи пов'язані з роботою самих систем: пошкодженням і старінням обладнання та споруд, рівнем експлуатації.

Усі види впливів можуть викликати зниження якості функціонування систем, зокрема:

- Тимчасове зниження подачі води, газу, тепла, електроенергії та відведення стоків, причому це зниження не досягає гранично допустимого рівня.
- Тимчасове зниження подачі води и відведення стоків, що перевищує гранично допустимий рівень, тобто часткова відмова системи.
- Перерва в отриманні послуги водовідведення, тобто повна відмова системи.

Для кожної галузі комунального господарства існують свої власні нормативи в зниження якості функціонування систем, однак існуючі норми не регламентують рівень надійності.

Частіш за все задача оцінювання надійності систем зводиться до виконання наступних позицій:

1. Повірочні розрахунки існуючих споруд , що проектується з обладнанням з метою перевірки відповідних проектних рішень діючим будівельним нормам.
2. Розрахунок параметрів надійності діючих систем, що проектується.
3. Розробка та втілення заходів з підвищення надійності систем.

4. Визначення якості функціонування з врахуванням умов експлуатації та допустимих перерв для надання послуг та внесенні заходів необхідних для підвищення якості експлуатації.

Основні причини відмов мереж:

– **механічні ушкодження**, які виникають при невірному або недбалому проведенні будівельно-монтажних робіт поблизу водогонів, помилках у проектуванні наявності зсувів та осідання ґрунтів. Виникнення цих пошкоджень носить випадковий характер.

– **корозійні пошкодження**. Найбільшою мірою від корозії страждають сталеві труби, на яких утворюються наскрізні щілини - свищі розміром від 2 до 40 мм.

– **розриви швів (стиків)**, вони виникають з наступних причин:

✱ прогин трубопроводу при осіданні ґрунту, що обумовлений дефектами підвалин труб;

✱ температурні напруги, які виникають у трубопроводі в осінньо-зимовий період, якщо температура при будівництві трубопроводу значно відрізнялася від температури в зазначений період.

– **відмови арматури** виникають значно частіше, ніж відмови самих труб.

Наприклад, для підземних сталевих трубопроводів розподіл відмов між перерахованими видами пошкоджень такі:

✱ відмови лінійної частини трубопроводів - 35,5%; при цьому на пошкодження зварених швів доводиться 19,5%, корозію -28,9% і механічні пошкодження - 51,6% від даної частини відмов; 35,5% приймаємо за 100%;

✱ відмови арматур - 65,5% всіх відмов, при цьому на відмови засувки доводиться 65,8% від цього виду відмов.

Існує декілька груп факторів, за якими можна класифікувати причини зниження надійності водовідвідних мереж:

✱ **проектний**. Якщо розглядати окремо будівельні конструкції труби, то їхня міцність, регламентована відповідними стандартами, цілком задовольняє даному типу споруд. Міцні конструкції - труби, зібрані в одну систему (трубопровід) мають ступінь надійності нижче, ніж окремо взятий елемент. Отже, має місце або недосконалість прийнятих розрахункових схем споруд, або відхилення від вимоги проекту на наступних стадіях інноваційного процесу.

✱ **технологічний** фактор відіграє якісну роль при виготовленні будівельних конструкцій. Уже на цій стадії, можливо, нагромадження помилок, дефектів і відхилення від стандартів.

Як приклад приведемо дані обстеження партії з 180 штук залізобетонних труб, поставлених Сумським ЗБК для будівництва 2 черги головного колектора м. Макіївки.

Тільки візуальна оцінка якості труб дозволила встановити наступні відхилення (табл. 14.1) від стандартів: високу шорсткість туб і дефекти внутрішньої поверхні, що впливають на гідравліку потоку води та провокують засмічення, тріщини та не герметичність труб, дефекти стиків. При цьому

спостерігалися порушення в транспортуванні та розвантаженні труб, що викликають динамічні удари.

Таблиця 14.1 – Виробничі дефекти залізобетонних труб

Вид дефекту	в % від обстежених труб
- підвищена шорсткість внутрішньої поверхні (включення зерн щебеня, арматури)	11
- оголення та виступи арматур	27
- спучування і відколи захисного шару з оголенням арматур	7
- кільцеві тріщини, відшарування бетону, наскрізні каверни	37
- дефекти розтрубів	10
- дуже мала товщина захисного шару	20

Якщо порівняти наведені технологічні дефекти з їхньою експлуатаційною значимістю, то можна зробити висновок, що вже виробничі дефекти труб здатні створити задовільний або передаварійний стан колектора.

※ **будівельний** фактор характеризує культуру будівництва і залежить від кваліфікації, ступеня відповідальності будівельників. Відсутність діючого контролю при виконанні цих робіт, а так що само мають місце у вигляді ґрунтових вод, сезону будівництва, погодних умов і трудової дисципліни вносять свій негативний внесок у якість виконуваних робіт, і надалі на надійність спорудження.

※ **експлуатаційний** фактор є одним із найвідповідальніших з тієї причини, що має ймовірний характер, причому всі прорахунки на стадії проекту і будівництва позначаються та підсилюються при експлуатації при порушенні імовірнісних подій.

Аварійні ситуації загрожують здоров'ю і життю людей, завдають непоправної шкоди природі, руйнують матеріальні і культурні цінності. Екологічний ризик може виникнути в процесі будівництва і експлуатації об'єкта та бути складовою частиною промислового ризику. Збиток навколишньому середовищу виражається у вигляді забруднення або знищення лісів, води, повітря, земельних ресурсів, нанесення шкоди біосфері і сільськогосподарським угіддям.

Каналізаційна мережа повинна проектуватися, будуватися і експлуатуватися так, щоб вона була надійною, тобто забезпечувала безперебійний і безвідмовний відвід стічних вод до споруд для очищення. Під надійністю каналізаційної мережі розуміється її комплексна властивість, що включає безвідмовність у роботі з відводу стічних вод, довговічність (тривалий час роботи) і ремонтпридатність (відновлення нормального виконання своєї функції в умовах технічного обслуговування і ремонтів).

Порушенням головної властивості надійності мережі - безвідмовності - є відмова - подія, що полягає в порушенні працездатності мережі. У каналізаційній практиці термін відмова, як правило, не застосовують,

заміняючи його такими словами, як аварія, засмічення, закупорка трубопроводу, випадкове засмічення, порушення, пошкодження і т.п., що не мають точного визначення.

Надійність каналізаційної мережі, як і будь-якої технічної системи, як правило, забезпечується резервуванням або дублюванням її елементів і запасом міцності складових частин. Теоретично найбільш надійною, здавалося, могла б бути мережа каналізації із прокладкою паралельних трубопроводів. Але повне дублювання каналізаційної мережі неможливо через величезну довжину. Однак у деяких випадках дублювання мережі є раціональним або навіть необхідним. Наприклад, при прокладці додаткових трубопроводів по обидва боки широких проїздів, берегів водних потоків або тальвегів; при перетинанні важливих транспортних магістралей, водойм, тунелів і т.д.

Надійність мережі визначається її ремонтпридатністю, доступністю елементів для регулярного огляду та можливістю проведення різних ремонтних робіт, що дозволяють виправити пошкодження.

Каналізаційна мережа виконує свою основну функцію - безвідмовне транспортування стічних вод, якщо:

- 1) мінімальні випадки засмічень (закупорок) і переповнень трубопроводів, різних пошкоджень або інших порушень нормальної роботи мережі, що викликають або можуть викликати, виливи на поверхню землі, створюючи антисанітарні умови на прилягаючих територіях або затопляючи підвальні приміщення та підземні споруди;

- 2) відсутнє скидання неочищених стічних вод у проточні або місцеві водойми (ріки, ставки, яри і т.п.) безпосередньо або через водостоки;

- 3) швидке усунення випадкових засмічень трубопроводів;

- 4) поточний ремонт, усунення невеликих дефектів у спорудах.

Витрати праці на зазначені роботи розподіляються в такий спосіб: періодичний огляд - 10%; профілактичне очищення - 38%; усунення засмічень - 40%; поточний ремонт - 12%.

Для успішної боротьби із засміченнями необхідно знати походження, характер і концентрацію забруднень у стічній воді, умови із просування по мережі та причини затримки в трубопроводах і лотках колодязів.

Нерозчинні у воді тверді речовини залежно від щільності та швидкості плину стічних вод, займають різне положення в поперечному перерізі потоку при русі по трубопроводах. Важкі предмети, що випадково потрапили в мережу; дрібне каміння, вугілля, щебені, пісок, скло, консервні банки та інші металеві предмети, а також кістки тварин і риби, за звичай просуваються по дну. Із цих осадів при зменшенні швидкості руху стічних вод у години найменшого водовідведення можуть утворитися згодом щільні нерухомі відкладення.

Частина нерозчинних домішок становить групу легких плаваючих речовин, що переміщуються по поверхні потоку стічної води, наприклад, жири, масла, смоли, нафта, гума, пробки, друзки, сірники, різні волокнисті речовини і т.п. Інші нерозчинні домішки перебувають у стічній воді у зваженому стані і розташовуються по всьому перетині потоку. До таких речовин відносять папір,

дрібні ганчірки, волосся, пряжа, мачула, харчові залишки та інші домішки, переважно органічного походження.

Практика експлуатації показує, що найбільш часті порушення роботи каналізаційної мережі (відмови) викликаються засорами, закупорками перетину трубопроводу ущільненими опадами або предметами, що не властиві звичайним стічним водам.

Як відомо, тривалість відключення об'єктів у зв'язку з ремонтами (як поточними, так і капітальними) складається з організаційної та активної.

Організаційний період пов'язаний з витратою часу на підготовку до виконання ремонтних робіт, а активний - безпосередньо на виконання роботи. Отже зниження тривалості їхніх фаз, а також більш активне їх виконання буде сприяти зниженню термінів проведення ремонтних робіт

Зниження витрат на ремонт мереж, енерговитрат, скорочення термінів виконання робіт

Заходи, щодо зниження вартості проведення ремонтних робіт та експлуатації системи в цілому можуть включати заходи з енергозбереження, конструктивні та технологічні, які наведені нижче.

Енергозберігаючі заходи за витратами на їх впровадження поділяють на безвитратні, мало-, середньо- і високовитратні.

Безвитратні і маловитратні енергозберігаючі заходи

Для здійснення маловитратних, а тим більше безвитратних енергозберігаючих заходів, не вимагається суттєвих витрат. Вони окуповуються протягом кількох місяців внаслідок зниження експлуатаційних витрат. До числа безвитратних і маловитратних заходів з енергозбереження відносять:

1. Дотримання правил експлуатації систем каналізації і обладнання, що передбачає своєчасне проведення планово-запобіжних ремонтів, заміну набивання і підтяжку ущільнень pomp, вентилів і засувок, заміну несправної арматури, усунення витоків і тощо.

2. Заміна азбестографітових ущільнень pomp ущільненнями на основі тефлону, що забезпечує збільшення терміну експлуатації в середньому в 6 разів. Додаткові витрати окуповуються протягом кількох місяців (до 0,5 року).

3. Заміна арматури застарілих типів на сучаснішу.

Середньовитратні енергозберігаючі заходи

Це заходи, витрати на проведення яких окуповуються за 2-3 роки.

1. Забезпечення економічних режимів експлуатації насосів:

- заміна групи малопродуктивних насосів більш продуктивними;
- заміна насосів, якщо гідравлічна характеристика мережі не відповідає її паспортним даним;
- підвищення ККД насосів до їх паспортних значень установкою нових ущільнень в поєднанні з ретельним балансуванням робочих коліс;
- здійснення автоматизованого управління роботою насосного обладнання для максимально можливого завантаження насосів;

- регулювання продуктивності насосів зміною частоти обертання робочого колеса за допомогою частотно-регульованого електроприводу;

2. Боротьба з відкладеннями в системах водовідведення проводиться як механічним, так і хімічним способами і вимагає зупинки мережі на ремонт.

В даний час створені і почали широко впроваджуватися в системах опалення, гарячого і оборотного водопостачання дешеві автономні автоматизовані установки для обробки води присадками типу «комплексонів», які після додавання їх в малих дозах (близько $0,6 \text{ г/м}^3$) в підживлюючу воду перешкоджають утворенню відкладень.

3. Усунення витоків води. Локалізація місць цих витоків трудомістка і вимагає використання спеціальних акустичних течешукачів, які уловлюють звукові коливання струменів в місцях пошкодження системи.

Ефективним засобом виявлення витоків є оснащення вводів в будівлі лічильниками холодної води.

4. Диспетчеризація і АСК в поєднанні із застосуванням частотно-регульованих електроприводів дозволяє значно підвищити енергозбереження у водопостачанні і каналізації за рахунок оптимізації режимів експлуатації системи, більш оперативного і точного визначення витоків.

5. Стимулювання зацікавленості населення і персоналу підприємств в енергозберігаючих заходах з економії води та тепла. Оснащення квартир вузлами обліку тепла та електроенергії, введення оплати за воду та тепло згідно з фактичними витратами сприятиме більшій зацікавленості в енерго- та теплозбереженні.

6. Аналіз режимів системи водовідведення зводиться в основному до аналізу режимів роботи насосного обладнання станцій перекачування і очисних споруд.

Високовитратні енергозберігаючі заходи

1. Енергозберігаючі заходи в електрогосподарстві систем водовідведення пов'язані з впровадженням автоматичної системи контролю і обліку енергоспоживання (АСКОЕ) з подальшим переходом з двоставкового тарифу оплати електроенергії на одноставковий.

2. Будівництво очисних споруд, оснащених обладнанням для утилізації. Економічна ефективність визначається не тільки отриманням пари або води для теплопостачання, але і добуванням ряду речовин, що використовуються в подальшому як вторинна сировина.

Контрольні питання

1. Фактори, що впливають на надійність систем водовідведення.
2. Основні причини відмов мереж.
3. Механічні ушкодження.
4. Корозійні пошкодження.
5. Розриви швів (стиків).
6. Відмови арматури.
7. Групи факторів причини зниження надійності водовідвідних мереж.
8. Проектний фактор.

9. Технологічний фактор.
10. Будівельний фактор.
11. Експлуатаційний фактор.
12. Основні вимоги до експлуатації каналізаційних мереж.
13. Зниження витрат на ремонт мереж, енерговитрат, скорочення термінів виконання робіт.
14. Безвитратні, маловитратні, середньовитратні та високовитратні енергозберігаючі заходи.

Тема 15 **ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ СИСТЕМ ВОДОВІДВЕДЕННЯ**

Порядок розрахунку показників надійності технічних систем

Показники надійності багатoeлементних систем визначати складніше, ніж одного об'єкту. Для цього необхідно виконувати наступні операції:

- складна система розкладається на однотипні елементи, для цих елементів визначаються параметри надійності;
- виокремлюють елементи, які функціонально впливають на надійність системи в процесі роботи;
- складається структурна схема системи;
- складається таблиця розрахунків інтенсивності відмов $\lambda(t)$;
- складається таблиця розрахунків надійності $P(t)$ в залежності від часу безперервної роботи та резерву;
- визначається можливий час безвідмовної роботи $T_{ср}$;
- отримані параметри надійності порівнюються з тими, що вимагаються згідно норм.

Практика доводить, що результати експериментальних досліджень експлуатаційної надійності однотипних елементів достатньо достовірні, але не дають можливості достовірно передбачити тривалість служби кожного конкретного елементу. Однак надійність систем з великою кількістю елементів можна прогнозувати з достатньо високим ступенем ймовірності, що дозволяє розробляти ряд заходів для забезпечення нормальної експлуатації систем чи для підвищення надійності.

Планування і організація ремонтних робіт.

Процедура планування та організації планово-попереджувальних ремонтів включає п'ять послідовних етапів, які детально були розглянуті в темі 12.

На першому етапі проводиться збір, аналіз і систематизація інформації про технічний стан об'єктів систем водовідведення та дається оцінка якості експлуатації.

На другому етапі складаються плани ремонтних робіт. Планування може бути перспективним та оперативним.

На третьому етапі ведеться підготовка до матеріально-технічного забезпечення ремонтних робіт, відповідно до затвердженого плану-графіка.

Відповідно до проекту встановлюється потреба в матеріальних ресурсах, і визначаються постачальники, розміщаються замовлення на матеріали і устаткування, у тому числі і виготовлене власними силами, вирішуються супутні питання, пов'язані із транспортом і зберіганням матеріальних ресурсів, з необхідністю створення деяких тимчасових споруд.

На четвертому етапі проводяться ремонтні роботи, здійснювані власними силами та із залученням підрядних організацій. Організується та здійснюється поетапний контроль якості ремонтних робіт, включаючи в деяких випадках проміжні випробування і складання актів на приховані роботи.

П'ятий етап полягає в прийманні відремонтованих спорудж, мереж та устаткування. Випробування об'єктів проводять відповідно до діючих правил.

Заключною операцією є проведення пуско-налагодочних робіт, з метою доведення об'єкта до необхідного для нормальної експлуатації стану та у встановленні необхідного експлуатаційного режиму. Якщо в процесі капітального ремонту об'єкт був фактично реконструйований і технологія його обслуговування змінилася, складаються нові регламенти експлуатації, вносяться зміни в робочі карти і т.п.

Таблиця 15.1 – **Періодичність оглядів і ремонтів споруд і устаткування** (рекомендація)

Найменування об'єкта	Тривалість періоду між ремонтами, міс.		
	огляд	поточний ремонт	капітальний ремонт
1. Водопровідні і каналізаційні трубопроводи	2	12	за необхідності
2. Дюкери	6	12	24
3. Колодязі і камери на мережах	2 (обхід) 6 (внутр. огляд)	12	60
4. Мережні засувки	6	12	24
5. Насоси горизонтальні водопровідні та повітродувки	1	3	36
6. Теж заглибні, вакуум-насоси, каналізаційні насоси	1	3	24
7. Контрольно-вимірювальне устаткування	1	12	36
8. Устаткування для готування і дозування реагентів, змішувачі	12	12	24
9. Хлораторні установки і бактерицидні установки	Щодня	6	12
10. Озонаторні установки	Щодня	3	24
11. Пісколовки	6	12	36
12. Первинні і вторинні відстійники	6	12	60
13. Скребкові механізми	1	12	36
14. Мулососи	1	12	18
15. Біофільтри	2	6	60
16. Аеротенки	6	12	60
17. Мулові майданчики	6	12	36

Показники якості функціонування систем водовідведення.

Для відновлювальних систем, до яких відносяться системи комунального господарства, зокрема система водовідведення, для оцінки надійності використовують – показник якості функціонування. Зокрема, для розподільчих мереж, до яких саме і відноситься система водовідведення, за характеристику якості функціонування приймають фактичну годинну витрату води, що відводиться від споживача.

Кожному стану мережі $\bar{x}(t)$ відповідає максимальна годинна витрата води крізь неї $\Phi_x(t)$. Ці витрати залежать тільки від стану системи і дають кількісну характеристику ступеня виконання задачі. За різних станів системи вимикаються різні кількості споживачів та сумарна недоподача води (недостатнє водовідведення) визначає зниження показника якості функціонування. Якщо позначити розрахункову витрату води через справну систему через Q_o , недоподачу вимкненим споживачам в стані $\bar{x}(t)$ через ΔQ_x , тоді вираз показника якості функціонування буде мати вигляд:

$$\Phi_x(t) = Q_o - \Delta Q_x \quad (15.1)$$

Показники надійності системи водовідведення $R_{сист}(t)$ представляють собою відношення показника якості реальної системи $\Phi_x(t)$ до показника якості функціонування ідеальної (справної) системи $\Phi_o(t)$.

$$R_{сист}(t) = \frac{\Phi_x(t)}{\Phi_o(t)} = \frac{Q_o - \Delta Q_x}{Q_o} \leq 1 \quad (15.2)$$

Аналогічно можна представити показник якості функціонування за величиною напору води та відповідності його заданим значенням.

В системах водовідведення аналогом показника надійності системи вважається коефіцієнт забезпеченості витрати α та напору β .

$$\alpha = \frac{Q_{аварійне}}{Q_{розрахункове}}; \beta = \frac{H_{аварійне}}{H_{розрахункове}}, \quad (15.3)$$

де $Q_{розрахункове}$, $H_{розрахункове}$ – витрата та напор в системі при розрахунковому режимі роботи;

$Q_{аварійне}$, $H_{аварійне}$ – витрата води та напору при аварійному режимі.

Розрахунок графіку ремонтного циклу з використанням теорії ймовірності.

Мета планово-попереджувальних ремонтів полягає в підтримці або відновленні експлуатаційних властивостей об'єктів або їх окремих елементів. Під експлуатаційними властивостями варто розуміти ті, які впливають на якість експлуатації: надійність, екологічність, економічність і безпека життєдіяльності персоналу.

Розрізняють поточні і капітальні ремонти.

Як правило, поточний ремонт виконується силами оперативного персоналу із залученням в окремих випадках спеціалізованих ремонтних бригад.

В інтервалах між поточними ремонтами інтенсивність відмов і відповідні значення ймовірності безвідмовної роботи не повинні виходити за призначені межі, хоча і погіршуються.

Капітальний ремонт має на меті досягнення початкової працездатності об'єкта і передбачає відновлення або заміну зношених елементів: конструкцій, деталей устаткування, споруд, трубопроводів.

Проміжок часу між завершенням попереднього і початком наступного капітального ремонту називається робочим циклом, тривалість якого уточнюється виходячи зі сформованих умов.

Структура ремонтного циклу включає ланцюжок розташованих у технологічній послідовності виробничих і ремонтних операцій: проміжків часу між поточними ремонтами (міжремонтними періодами), тривалістю простою у зв'язку з оглядами або проведенням обстежень, у зв'язку з поточними ремонтами і тривалістю простою через капітальний ремонт, яким завершується цикл (рис. 15.1).

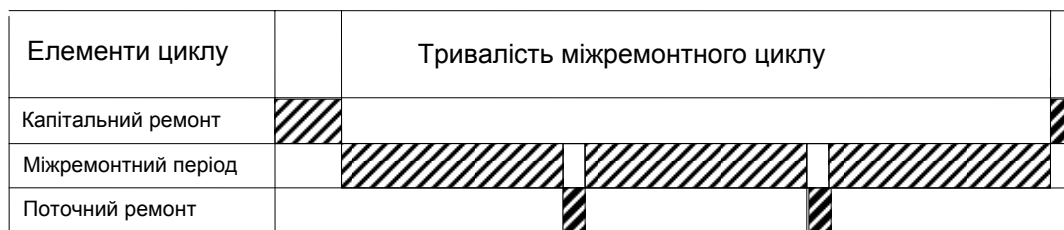


Рисунок 15.1 – Графік ремонтного циклу

У межах призначеного ресурсу або фактичного значення корисного терміну служби об'єкта є кілька робочих циклів, тривалість яких поступово зменшується. При досягненні об'єктом граничного стану він підлягає заміні.

Як видно з рис. 15.1, при складанні графіка ремонтного циклу необхідно визначити тривалості міжремонтних періодів, поточних ремонтів і капітального ремонту.

Якщо прийняти тривалість міжремонтних періодів для всього ремонтного циклу однаковою, що зручно з технічних причин, ймовірність безвідмовної роботи об'єкта досягає мінімуму тільки наприкінці останнього періоду, тобто напередодні чергового капітального ремонту; протягом всіх інших періодів безвідмовність буде перевищувати мінімальну.

Тривалість міжремонтних періодів

Міжремонтний період – проміжок часу роботи встаткування або іншого способу роботи між двома черговими (суміжними) ремонтами (оглядами).

Наприкінці періоду, тобто перед черговим поточним ремонтом, імовірність безвідмовної роботи повинна дорівнювати або перевищувати заздалегідь прийняте мінімальне значення P_{\min} , що відповідають значимості

об'єкта. Якщо на початку першого (після капітального ремонту) $P_{нач} = 1,0$, то після кожного з поточних ремонтів, при яких надійність відновлюється не повністю, а тільки на 90–95 %, $P_{нач} < 1,0$ і поступово знижується після кожного чергового технічного ремонту.

Тривалість поточного ремонту

Поточний ремонт - комплекс ремонтно-будівельних робіт, який передбачає систематичне та своєчасне підтримання експлуатаційних якостей та попередження передчасного зносу конструкцій і інженерного обладнання. Тривалість поточного ремонту визначається за нормами на кожний вид ремонтних робіт конструкцій та обладнання.

Поточний ремонт повинен проводитись з періодичністю, яка забезпечує ефективну експлуатацію будівлі з моменту завершення його будівництва (капітального ремонту, реконструкції) до моменту постановки на черговий капітальний ремонт або реконструкцію.

Тривалість міжремонтних циклів, міжремонтних і міжоглядових періодів розраховується за кількістю відпрацьованих годин або за еквівалентним значенням, що характеризує кількість робочих циклів машини (кількість виготовлених деталей).

Тривалість капітальних ремонтів.

Тривалість ремонтного циклу T_{pm} характеризується періодом часу (рік) між двома послідовними капітальними ремонтами верстата

$$П. у. = A j_1, j_2, j_3, j_4 / F_э, \quad (15.4)$$

де A - нормативна величина ремонтного циклу, ч;

j_1, j_2, j_3, j_4 - коефіцієнти, що враховують тип виробництва, властивості оброблюваного матеріалу, умови експлуатації верстата, характеристику верстата;

$F_э$ - ефективний фонд часу роботи протягом року, ч.

Под структурою ремонтного циклу розуміється кількість і послідовність проведення оглядів, (поточних), у період між двома капітальними ремонтами.

Тривалість капітальних робіт визначається залежно від їхньої трудомісткості і фактичної ремонтпридатності. Разом з тим їхня тривалість, як відзначалося вище, лімітується умовами надійності. Оскільки якщо при капітальному ремонті елемент, що ремонтується втратив працездатність, реалізуються резервні потужності, а безвідмовність об'єкта знижується.

Контрольні питання

1. Порядок розрахунку показників надійності технічних систем.
2. Планування і організація ремонтних робіт.
3. Рекомендації щодо періодичності оглядів і ремонтів споруд і устаткування.
4. Показники якості функціонування систем водовідведення.
5. Тривалість міжремонтних періодів, поточного ремонту, капітальних ремонтів.
6. Структура ремонтного циклу.

Тема 16 **ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ СИСТЕМ ВОДОВІДВЕДЕННЯ**

Аналіз умов функціонування водопровідно-каналізаційних систем

На водопровідно-каналізаційному підприємстві створюється система моніторингу (спостереження) за зміною факторів, що визначають умови функціонування ВК систем. Дані моніторингу постійно аналізуються і у тих випадках, коли негативні зміни можуть бути зупинені або вповільнені, плануються і проводяться відповідні заходи (усунення витоків, інфільтрації, поліпшення обліку витрат води і ін.).

В інших випадках результати неминучих змін прогнозуються та обґрунтовуються заходи щодо посилення окремих об'єктів систем.

Сучасний стан водопровідно-каналізаційного господарства характеризується дефіцитом фінансових ресурсів, необхідних для належної експлуатації та обслуговування систем водопостачання та водовідведення, незадовільним технічним станом споруд, обладнання, недосконалістю структури управління галуззю та нормативно-правової бази для забезпечення його надійного і ефективного функціонування.

Оперативне керування системами водопостачання та каналізації

Об'єкти, що входять у системи водопостачання і каналізації, розосереджені на великій території та на великих відстанях один від одного; їхня синхронна робота може бути досягнута за умови диспетчерського керування.

Диспетчерська служба розробляє пропозиції з оптимізації роботи окремих об'єктів і всієї системи в цілому, контролює підтримку заданих режимів і вчасно змінює їх при виникненні такої необхідності. Оптимізація режимів проводиться при використанні даних про якість експлуатації..

Управлінські рішення приймаються відповідно до оперативної інформації, що надходить диспетчерові з характерних точок системи, що вказує на дотримання або порушення заданого режиму.

Так, режим роботи насосної станції в достатній мірі характеризується значеннями напорів у напірних водоводах та обсягом води, що подається насосами з початку доби на даний момент часу, на безперебійність подачі води споживачам вказує збереження необхідних вільних напорів в окремих точках мережі і т.п.

Інформація може надходити від операторів, що обслуговують установки, або по сигналах датчиків тиску, рівня і іншими.

Оскільки система повинна постійно задовольняти мінливий «попит» абонентів, режим роботи в певні моменти часу перестає задовольняти попит, що і відбивається на значеннях контрольованих показників.

Більшість команд диспетчера відносяться до регулярно і закономірно повторюваних ситуацій і можуть бути спрогнозовані .

На цьому засноване автоматизоване диспетчерське керування, при якому на відповідні сигнали треба запрограмувати команди ЕОМ. У випадках, коли

виникає непередбачена ситуація (порив труб, або необхідність пожежогасіння, тобто явища, місце і час яких непередбачене), керування диспетчер бере на себе. Жоден елемент устаткування та споруд не може бути виведений з роботи або резерву без дозволу диспетчера. Диспетчер відповідає за прийняті рішення і повинен бути повністю незалежний у своїх діях.

Для ВК систем великої продуктивності створюються східчасті схеми диспетчерського керування: головна диспетчерська служба і диспетчерські служби на великих об'єктах, наприклад, на водопровідних станціях. У цьому випадку межі оперативної відповідальності диспетчерських служб повинні бути точно визначені.

Контроль за експлуатацією та експлуатаційна документація

Оперативна робота супроводжується виробничим контролем, мета якого полягає в постійній перевірці ефективності тієї або іншої технологічної операції або в підтвердженні збереження заданого диспетчером режиму.

В останньому випадку, як відзначалося вище, ведеться спостереження за значеннями параметрів, що характеризують режим. Виміри повинні бути тільки інструментальні з використанням стандартних витратомірів, рівнемірів, манометрів та інших пристроїв. Заміри проводять в місцях, погоджених при пусконаладжувальних роботах і з таким розрахунком, щоб був отриманий дійсно представницький результат, що характеризує роботу об'єкта. Прилади встановлюються з дотриманням обов'язкових умов, що вказують у заводських інструкціях до приладів. Дотримуються певні правила зняття показників.

За звичай, показання приладів знімаються щогодини, або частіше, на вимогу диспетчера. При автоматизації об'єктів контроль за параметрами може проводитися безупинно, а при зміні їхнього значення подається відповідний сигнал.

Для підтримки виробничих фондів у постійному працездатному стані проводиться моніторинг технічного стану споруд, устаткування та пристроїв, а на підставі його результатів - технічне обслуговування (профілактика, поточний і капітальний ремонт). За результатами моніторингу приймаються рішення про реконструкції, або про заміну об'єктів, що виробили свій ресурс.

Моніторинг і технічне обслуговування виконуються оперативним персоналом при участі ремонтних та інших підрозділів ВКГ.

Виробничий процес документується. Оператори ведуть журнали експлуатації, у яких записуються показники роботи споруд та устаткування, а також результати обходів і оглядів, фіксуються всі виявлені порушення і несправності. Журнали експлуатації є основним вихідним документом, на якому ґрунтуються аналіз і оцінка виробничого об'єкта. До якості заповнення журналу варто ставитися вкрай серйозно: він повинен вестися грамотно, містити достовірну і повну інформацію.

Збереження надійності систем та об'єктів при експлуатації

Аналізуючи оцінку якості експлуатації по надійності, варто з'ясувати причини прояву ненадійності: відмов, тривалих простоїв об'єктів через низьку ремонтпридатність, великих обсягів реновації внаслідок зниженої

довговічності. Для підтримки безвідмовності на необхідному рівні планується і здійснюється технічне обслуговування, що включає профілактичні і планово-попереджувальні ремонтні роботи. Разом з тим, відмови нерідко викликані зношуванням, а неправильним проведенням виробничих операцій або помилками при призначенні робочих режимів.

Ремонтопридатність в основному залежить від того, наскільки в процесі експлуатації зберігалися проектні умови. З іншого боку причинами затримок з виконанням ремонтів є недостатня організація ремонтної служби, неправильний прогноз обсягів ремонтних робіт, який варто ґрунтувати на результатах діагностики технічного стану об'єктів.

Довговічність більшою мірою обумовлена якістю технічного обслуговування й, зокрема, проведенням поточних і капітальних ремонтів, а так само якістю будівельних матеріалів та устаткування, правильністю виконання будівельно-монтажних робіт.

Екологічність процесу експлуатації.

Експлуатація водопровідно-каналізаційних систем неминуче пов'язана з виділенням шкідливих речовин (забрудненої води, опадів, газів), шумами, порушенням природних умов на територіях і водних джерелах.

У таблиці 16.1 наводяться види впливу на навколишнє середовище при експлуатації основних об'єктів каналізації.

Мережі каналізації в процесі експлуатації можуть стати джерелами забруднення ґрунту та підземних вод внаслідок ексфільтрації неочищених стічних вод, при потраплянні стоків на поверхню землі через засмічення труб або при гідравлічному перевантаженні, можливого скидання неочищених стоків у водний об'єкт по аварійних випусках насосних станцій.

Таблиця 16.1 – Види екологічного впливу системи водовідведення на навколишнє середовище.

Об'єкти	Види шкідливих впливів					
	Викиди		Осади	Шуми	Порушення природ. умов водних джерел	Забруднення території
	стічн. води	гази				
Мережі і насосні станції каналізації	+	+		+	+	+
Очисні споруди каналізації	+	+	+	+	+	+

Примітка. Знак “+” – вплив існує.

При транспортуванні стічних вод по трубах і каналах виділяються гази, головним чином, сірководень, що забруднює повітряне середовище.

На очисних спорудах міської каналізації неминучі газовиділення, нерідко спостерігається забруднення території і ґрунтів стічними водами, їх скидання по аварійному випуску. При очищенні утворюються осади, що представляють санітарну небезпеку. Їхня обробка (стабілізація і зневоднювання) супроводжується газовиділенням, а сушіння на мулових майданчиках пов'язане

із забрудненням ґрунтів, повітряного басейну, дощового стоку і вимагає відчуження значних територій. Функціонування об'єктів водовідведення повинне проходити з дотриманням вимог екологічної безпеки, тобто за умови збереження екологічного балансу в навколишньому середовищі, що виключає нанесення збитку природі і людині.

Для цього варто оцінити величину припустимого впливу на екосистему (екологічний норматив). Нормативи регламентують склад і кількість забруднень, що надходять у навколишнє середовище, шумовий і фізичний впливи (наприклад, гідротехнічних споруд на джерело водопостачання).

Водопровідно-каналізаційне підприємство розробляє і затверджує екологічний паспорт, документ, що містить інформацію про ступінь впливу виробництва на навколишнє середовище, а також про дозвіл на право природокористування та нормативи впливу. Інформаційна база паспорта постійно коректується в залежності від зміни вихідних даних.

Дотримання вимог екологічного характеру повинні контролюватися, для чого створюється система моніторингу з необхідним метрологічним забезпеченням.

Слід зазначити, що неприпустиме підвищення забруднення води у водному об'єкті може бути викликано не тільки незадовільним очищенням стоків, але і скиданням неочищених стічних вод по аварійних випусках насосних станцій каналізації. Контроль за роботою аварійних випусків бажано автоматизувати. Як відзначалося, основними забруднювачами ґрунту і атмосфери є осади, що утворюються при очищенні природних і стічних вод.

Особливу небезпеку представляє територія хлорного господарства, де існують ризики аварійних викидів в атмосферу хлору і аміаку.

Контроль за дотриманням екологічного нормативу проводиться водопровідно-каналізаційним підприємством і виявлені випадки порушень є підставою для оцінки екологічності об'єктів системи.

Економічність як показник якості експлуатації

Економічність процесу експлуатації найбільше повно оцінюється собівартістю, тобто грошовими витратами на виробництво калькуляційної одиниці продукції (1000 м^3). Собівартість підраховується по залежності:

$$C = \frac{3}{W}, \quad (16.1)$$

де 3 – річні витрати на експлуатацію системи водопостачання або каналізації за рік у тис. грн,

W – річна продуктивність систем у калькуляційних одиницях за рік.

Річні витрати на експлуатацію включають наступні статті витрат: на електричну і теплову енергію, на амортизацію, на заробітну плату, на матеріали і реагенти, на цехові витрати, на обслуговування внутрішніх водопровідно-каналізаційних систем житлового фонду, інші витрати. З перерахованих статей найбільш істотні перші чотири.

Основними споживачами електроенергії в системі каналізації є - повітродувки і насосні установки. Головний шлях економії електроенергії -

робота насосних і повітродувних установок з високим ККД. Із цією метою вибираються відповідні режими роботи, проводиться регулювання і підтримується відповідний технічний стан агрегатів. За звичай швидко окупаються витрати на заміну устаткування більше сучасним.

Витрати на амортизацію об'єктів водопроводу і каналізації залежить від величини капіталовкладень, але при несприятливих умовах експлуатації, що приводять до прискореного старіння об'єктів, амортизаційні витрати істотно зростають. Як спосіб їхнього скорочення варто вважати своєчасну реновацію подібних об'єктів, або ремонти, які здатні відновити повну працездатність об'єктів і істотно продовжити призначений ресурс, наприклад, санацію водопровідних і каналізаційних мереж.

Витрати на заробітну плату зменшуються шляхом скорочення кількості працюючих до мінімуму, необхідного з виробничих міркувань.

Скорочення витрат на реагенти досягається при оптимізації їхніх доз із урахуванням умов очищення води.

Контрольні питання

1. Аналіз умов функціонування водопровідно-каналізаційних систем.
2. Оперативне керування системами водопостачання та каналізації.
3. Контроль за експлуатацією та експлуатаційна документація.
4. Збереження надійності систем та об'єктів при експлуатації.
5. Екологічність процесу експлуатації.
6. Види екологічного впливу системи водовідведення на навколишнє середовище.
7. Економічність як показник якості експлуатації.

Тема 17 ЗНИЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ МЕРЕЖ ВНАСЛІДОК КОРОЗІЇ ТРУБОПРОВІДІВ. ОСНОВНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ КОРОЗІЙНИХ РУЙНУВАНЬ БЕТОННИХ І ЗАЛІЗОБЕТОННИХ САМОПЛИВНИХ КОЛЕКТОРІВ

Статистика спостережень свідчить про переважну більшість корозійних руйнувань бетонних і залізобетонних самопливних колекторів від дії експлуатаційного середовища.

Численні дослідники одноставно визнають відповідальними за це явище в каналізаційних мережах мікроорганізми - біологічний компонент забруднень стічних вод.

Відомо, що характер і швидкість корозійних процесів залежать від наступних факторів:

- виду бетону, що залежить від кількості і якості, що входять у його склад матеріалів, способу ущільнення бетону і його щільності, від режиму теплової обробки;
- виду стічних вод, наявності органічних домішок, кислот, лугів;

- виду газів, що виділяються стічними водами усередині колекторів (сірководень, вуглекислота, аміак, метан).

Встановлено, що:

1. Корозія колекторів внаслідок впливу сірководню, спостерігається лише в тих містах, стічні води яких містять багато солей, що належать до класу сульфатів, і де температура стічних вод вище 20⁰ С.
2. У бетонних колекторах із свіжими стічними водами з великим вмістом сульфатів, корозія бетону не спостерігається, якщо колектор прокладений з ухилом, що забезпечує швидкість, що самоочищує.
3. Бетонний колектор кородує від дії окисленого сірководню незалежно від способу укладання.
4. Верхів'я каналізаційної мережі є найбільш безпечним місцем для застосування бетонних труб, тому що тут стічні води свіжі та не встигли загнити.
5. Облицювальні керамічні плити, бітумінозні речовини для поверхневого покриття бетону, замазки з піску і сірки або покриття - непридатні для захисту бетону від корозії.
6. Найбільш діючим способом захисту колекторів від корозії є попередня обробка стоків хлором для знищення бактерій, що утворюють агресивні гази.

Основні причини виникнення агресивного середовищу в трубопроводі.

Хімізм корозії бетонних трубопроводів.

В колекторах в лотку накопичується осад, що випадає із стічних вод, де в безкисневих умовах відбувається розвиток сульфатредуючих бактерій, що виділяють в якості продуктів життєдіяльності H_2S і CO_2 . Сірководень накопичується вище рівня рідини і конденсується на стінках і своді колектора, де тіонові бактерії окислюють його до сірчаної кислоти, яка руйнує бетон (рис. 17.1). Біоруйнування каналізаційних труб відбувається тільки при наявності в стоках сірководню. Розглянемо двоступеневу схему корозії бетонних труб. Відповідно до цієї схеми на першій стадії сульфатредуючі бактерії утворюють сірководень, який після конденсації на поверхні окислюється тіоновими бактеріями до сірчаної кислоти (друга стадія), що руйнує бетон.



Рисунок 17.1 – Схема корозії бетонних труб

Натурні обстеження аварійних каналізаційних мереж дозволяють відзначити наступне:

1. Потенційно небезпечним з погляду виникнення корозій є стоки підприємств, що містять велику кількість органічних речовин (м'ясокомбінати, біохімзаводи, фабрики по переробці тваринної та рослинної сировини, пивзаводи і т.п.)

2. У всіх випадках відбувається руйнування надводної частини труб і конструкцій.

3. Корозія труб відбувається на ділянках після локальних очисних споруд із анаеробним процесом очищення вод.

4. У напірних трубопроводах корозія відсутня, а при переході потоку в безнапірний режим корозія стає інтенсивною.

5. Підвищення температури та кислотності води збільшує інтенсивність корозії труб.

6. Корозія трубопроводів властива місцям різкої зміни швидкості водного потоку: перепадним колодязям, підключенням, ділянкам з великими ухилами труб і т.п.

Стадії біоруйнування каналізаційних труб. Етапи утворення агресивного середовища та їх вплив на матеріал труб. Заходи по захисту трубопроводів. Заходи по зниженню агресивності стічних вод.

В таблиці наведені основні стадії біоруйнування каналізаційних трубопроводів

Таблиця 17.1 – Стадії біоруйнування каналізаційних трубопроводів

рН бетона	Процес
12,0	Карбонізація вапняку
8,4	Фіксація H_2S , що утворюється в осаді; утворення тіосірчаної та політіонової кислот.
7,5	Різнманітні бактерії, що окислюють тіосірчані кислоти в політіонові кислоти; <i>T.thioparus</i> окислюють їх до S та H_2SO_4 .
5,0	<i>T. concretivorus</i> окислює до H_2SO_4
2,0	Швидкість корозії бетону збільшується при зниженні рН

Схему утворення агресивного середовища і її вплив на матеріал труб можна розділити на три етапи:

1. Утворення сірководню в анаеробних умовах стічної рідини (осаду) сульфатредуючими бактеріями.
2. Виділення (дегазація) сірководню з потоку стічної рідини в атмосферу підсводового простору трубопроводу.
3. Розчинення газоподібного сірководню в конденсатній волозі на поверхні труб та окислювання його в аеробних умовах тіоновими бактеріями до сірчаної кислоти, що руйнує матеріал конструкцій.

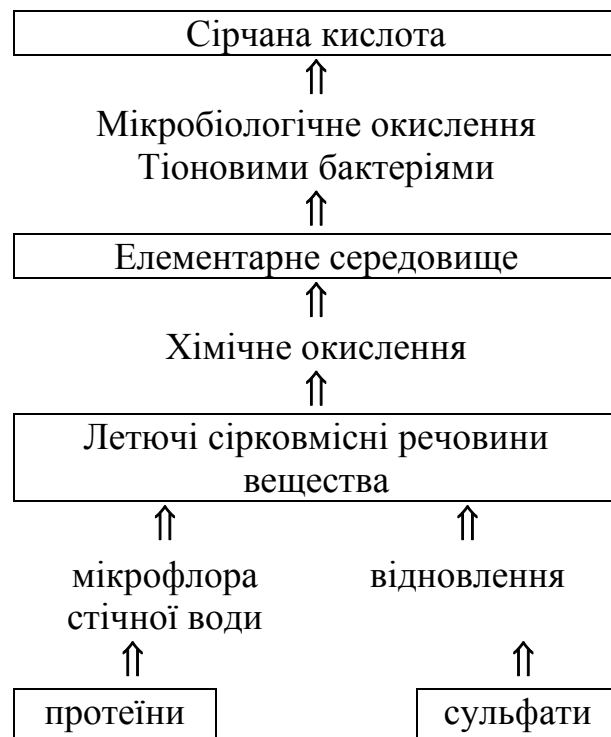


Рисунок 17.2 – Схема біохімічного утворення агресивного середовища

Відповідно призначаються і захисні заходи, переважне використання полімербетонів і поліхлорвініла. Проте такий спосіб оцінки агресивності явно складний, оскільки вимагає спеціальної методології і придатний лише для колекторів, які мають мікрофлору.

Придушення сульфатредукції

Сульфатредукція - головний етап біологічного фактора, що визначає можливість протікання інших етапів. Тому його придушення приводить до неможливості дегазації сірководню та утворення агресивного газового середовища. Найбільш ймовірні місця сульфатредукції в каналізаційній мережі за даними натурних спостережень знаходяться в місцях скупчення мулових відкладень, застійних зонах, напірних трубопроводах. В існуючих каналізаційних мережах придушення процесу сульфатредукції в зазначених місцях може бути здійснено такими способами: превентивними заходами; зниженням температури стоків; введенням реагентів; аерацією. Розглянемо докладніше перераховані заходи.

Превентивні заходи

Суть цих заходів зводиться до виконання елементарних вимог до якості стічних вод і стану трубопроводів. Так, однією з вимог до якості стічних вод є нормування вмісту органічних речовин (ХПК). Гранично допустима концентрація (ГДК) органічних речовин становить 350 мг/л. На практиці ж багато підприємств переробної промисловості скидають у каналізацію стоки з багаторазовим перевищенням ПДК цього показника, виходячи з міркувань, що розведення іншими видами стічних вод у міру транспортування до очисних споруд знизить концентрацію ХПК до норми. Однак наявність у каналізаційній

мережі дефектних за умовами гідравліки ділянок сприяє протіканню процесу сульфатредукції.

Зниження температури стічної води. Даний спосіб ґрунтується на спостереженнях за процесом сульфатредукції протягом року. У холодній воді сульфатредукція практично не відбувається внаслідок більшого вмісту в ній розчиненого кисню з одного боку та гальмування біохімічних процесів – з іншого. Із сезонним підвищенням температури стоків процес сульфатредукції відновляється. Ці передумови дозволили запропонувати спосіб придушення сульфатредукції в найбільш імовірному місці її прояву – у напірних трубопроводах. Відомо, що при температурі 4⁰С щільність води максимальна і сульфат редукція ускладнена. Тому зниження температури води до значень 4⁰С (тобто до рівня зимових температур) може запобігти сульфатредукції. Охолодження води в літній період часу можна здійснювати, використовуючи сучасні технології в прийомному резервуарі насосної станції, або створивши на окремі ділянці навколо напірного трубопроводу футляр із замороженого ґрунту.

Введення реагентів. Метод введення реагентів у стічну воду заснований, на їхній здатності порушувати процес сульфатредукції. Практика показала, найпоширенішими є хлор, нітрати, пероксид водню.

Використання хлорування стримується через негативний вплив на біохімічні процеси при очищенні стічних вод. Реагенти доцільно вводити в початок напірного трубопроводу, тому що швидкість окислювання сульфідів дуже невелика і становить 1,5...2 мг/год.

Насичення стічних вод киснем повітря. Передумовою використання даного методу є здатність протіканню сульфатредукції тільки в анаеробних умовах. Аерація рідини киснем або повітрям приводить з одного боку до створення аеробних умов у системі, а з іншого боку до окислювання сульфідів, що містяться у воді.

Недоліком способу є висока вартість рідкого кисню та складність експлуатації кисневої станції.

Вплив на загазованість трубопроводів

Другий етап біологічного фактора характеризується дегазацією сірководню зі стічної води і його накопиченням в підсводовому просторі трубопроводу. Порушити цей процес можна або шляхом придушення газоутворення, або навпаки інтенсивним звільненням води від газу в окремих спеціальних умовах.

Досягти цього можна такими способами: заповненням стічною водою всього обсягу труб, підлужуванням стоку, створенням умов для спокійного або бурхливого стану водного потоку, вентиляцією підсводового простору.

Інтенсифікація дегазації. Процес дегазації і корозія трубопроводів інтенсифікується місцях різкого підвищення турбулентності потоку води - особливо в перепадах колодязя. Це послужило підставою для створення сприятливих умов у спеціальних спорудах для прискорення відділення газу від води. Розташування цих споруд-дегазаторів планується по трасі колектора в

найбільш характерних для дегазації місцях: камерах підключення самопливних колекторів до напірних, сифонних трубопроводів, що працюють у напірному режимі і т.п.

У пошуках рішень по зниженню агресивності газового середовища колекторів до останнього часу широко рекомендувалося *провітрювання мереж шляхом використання природної вентиляції*. Детальні дослідження механізму процесу дозволили встановити, що природна вентиляція ефективна тільки в період невисоких температур (зовнішніх), тому рекомендується примусова вентиляція. Однак експериментальні дослідження і практичне використання цього методу показали, що в умовах сильно агресивних газових середовищ для досягнення середнього ступеня агресивності потрібно як мінімум 5-кратний повітрообмін.

Зниження впливу біологічного фактора корозії при експлуатації каналізаційних труб може бути досягнуто наступними заходами:

- осушенням своду труб;
- наданням біоцидних властивостей поверхні каналізаційних труб;
- підвищенням корозійної стійкості бетонних труб флюатуванням;
- використанням мастичних покриттів на основі еластомерів;
- застосування хімічно стійких матеріалів.

Натурні обстеження аварійних каналізаційних мереж

Каналізаційна мережа України потребує підвищення надійності. Застарілі матеріали труб, погані умови роботи, неправильне укладання, недоліки ущільнення, велике фізичне та корозійне зношування, відсутність регулярного поточного ремонту і, як наслідок, загострення екологічної обстановки в зоні їхнього впливу - причини, з яких сьогодні піднімається питання про незадовільний стан каналізаційних трубопроводів та необхідність підвищення їх надійності.

Для ухвалення рішення про реконструкцію або капітальний ремонт трубопроводу необхідна інформація про його технічний стан. Вона повинна бути об'єктивною, для прийняття оптимальних рішень при виборі способу відновлення. Як правило, на практиці в цей час використовуються непрямі методи, тобто дані про гідравлічний режим мережі, на підставі яких можна визначити пропускну здатність та можливі пошкодження. При цьому враховується рік будівництва і матеріал труб і колодязів та їх стан за даними візуальних спостережень у доступних місцях. Додатково здійснюється збір інформації про хімічний склад стічних вод і газового середовища з метою визначення ступеня їхньої агресивності до матеріалу конструкцій з наступним теоретичним розрахунком ступеня корозійного зношування. Однак цей метод дозволяє зробити тільки припущення про технічний стан трубопроводу з незначним ступенем вірогідності. Остаточний висновок може бути зроблено тільки після того, як трубопровід буде ретельно оглянутий.

Найбільш достовірну інформацію про технічний стан труб дає телевізійний огляд внутрішньої поверхні трубопроводу з наступним аналізом результатів зйомки за методом експертних оцінок. Результати телевізійних

вимірів можуть бути достовірними, якщо огляд проводиться в чистій трубі. Тільки в цьому випадку можна виявити та ідентифікувати всі наявні усередині дефекти. Телевізійним вимірам повинно передувати очищення внутрішньої поверхні трубопроводу.

Широке застосування ТВ-роботів для телеінспекції трубопроводів визначається, насамперед, реальною необхідністю та відчутним економічним ефектом.

У Харкові КП «Харківводоканал» широко застосовують прогресивні технології, а саме мініатюрні камери спостереження RIK 35/30 і RIK 5560-RA (рис. 17.3), очисник дна (рис. 17.4), оснащений бездротовою камерою спостереження, автомобілі-агрегати для промивання, розроблений фірмою KEG mb (м. Хемниц).



Рисунок 17.3– Мініатюрна камера спостереження RIK 35/30.

Мініатюрна камера спостереження призначена, для того щоб правильно вибрати інструмент для прочищення колектора, а також метод відновлення зруйнованої ділянки. Камера RIK 35/30 кольорового зображення може бути використана в трубопроводах діаметром від 40 до 200 мм і важить усього 5,6 кг.



Рисунок 17.4.- Очисник дна з камерою

Склад і концентрація забруднень у стічних водах різних підприємств та їх вплив на каналізаційну мережу.

Вважається, що міські стічні води, а під цим терміном мається на увазі суміш господарсько-побутових і виробничих стоків, є не агресивним до бетону. Дійсно, якщо порівняти склад стічних вод деяких підприємств всі вони є не агресивними до бетону або за рідким винятком слабкоагресивними за яким-небудь показником.

Виходячи із цього, важко зв'язати корозійне руйнування труб у надводній зоні з хімічним складом стічних вод. Проте, спостерігається певна кореляція між видом стічної води та терміном служби бетонних і залізобетонних труб. Умовно всі види стоків, що транспортуються по трубах, розбиті на 3 групи: господарсько-побутові і суміш побутових і промислових, де переважають перші, і промислові стічні води в чистому виді або незначно розведені побутовими водами.

Найменша швидкість корозії труб спостерігається під дією господарсько-побутових стічних вод, найбільша - у трубах, що транспортують промислові стічні води. Порівнюючи швидкості корозії та середній термін експлуатації бетонних і залізобетонних труб, слід зазначити, що останні менш довговічні. Ймовірно, корозія арматур прискорює загальний процес руйнування труб. Порівнюючи терміни служби трубопроводів для господарсько-побутових стічних вод і промислових стоків можна помітити, що вони розрізняються майже в 3 рази.

У таблиці 17.2 наведений склад і концентрація забруднень у стічних водах різних підприємств легкої промисловості.

Контрольні питання

1. Основні причини виникнення агресивного середовищу в трубопроводі.
2. Хімізм корозії бетонних трубопроводів.
3. Натурні обстеження аварійних каналізаційних мереж.
4. Стадії біоруйнування каналізаційних трубопроводів.
5. Сульфатредукція.
6. Превентивні заходи.
7. Основні способи придушення сульфат редукції.
8. Аналіз складу і концентрації забруднень у стічних водах різних підприємств та їх вплив на каналізаційну мережу.

Таблиця 17.2 – Склад і концентрація забруднень у стічних водах різних підприємств легкої промисловості

Показники	Одиниця виміру	Господарсько-побутовий	Шкірзавод	М'ясо-комбінат	Рибо-консервний комбінат	Пивоварний завод	Первинної обробки вовни	Біохім-завод
Зважені речовини	мг/л	1700	2870	1500	1430	593	2590	213
ХПК	мг О/л	400	3200	2000	2940	1200	4100	410
БПК _{повн.} (БПК ₅)	мг О ₂ /л	200	1450	800	2000	980	510	-
pH	од.	8,5	8,5	6,5...8...8,5	7	5	8,3	7,5
NH ₄ ⁺	мг/л	30	220	30	60	-	-	8
Cl ⁻	мг/л	150	2460	900	1420	290	-	180
SO ₄ ⁻²	мг/л	500	690	500	19	200	-	150
S ₂₋₂ ⁻	мг/л	-	230	-	-	-	-	-
Жир	мг/л	50	550	1000	1800	-	700.....1000	-
СПАР	мг/л	30	-	-	-	-	500	-
Температура	°C	8...20...20	8...20...20	18...25...25	17	8...20...20	-	20...40...40
CO ₂ (вільн.)	мг/л	20	-	100	-	50	-	440

Тема 18 МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМ

Вимоги до якості будівельно-монтажних робіт

Якість будівельно-монтажних робіт істотно впливає на умови наступної експлуатації об'єктів, особливо з показників надійності та економічності.

Для технічного нагляду за роботами водопровідно-каналізаційне підприємство (ВКП) призначає відповідального представника, в обов'язки якого входить перевірка якості та монтажу, відповідності робіт затвердженому проекту та нормативним правилам, участь у приймальних комісіях.

В процесі будівництва та монтажу можуть виникнути такі порушення, які здаються несуттєвими, але насправді значно погіршують умови експлуатації. Представник ВКП повинен бути досить кваліфікований, щоб виявити та виключити такі помилки.

Представник має право якщо буде потреба призупинити недоброякісно виконані роботи.

Порядок проведення якісного будівництва каналізаційних мереж.

Потрібно забезпечити суворе виконання проектних рішень відносно трасування мереж, матеріалів труб і колекторів, їхніх діаметрів або характерних розмірів поперечних перерізів, геодезичних оцінок лотків колодязів, ухилів труб. Ділянки між колодязями повинні бути прямолінійними в плані та мати постійний ухил.

Для надійної експлуатації каналізаційних мереж надзвичайно важливе створення стійких підвалин для труб і каналів. Осідання підвалин не тільки може викликати пошкодження труб і їхніх стиків, але і порушити проектні ухили, у результаті чого буде відбуватися засмічення мереж.

На економічність і екологічність експлуатації каналізації істотно впливає водонепроникність мережі. При її недостатності спостерігається інфільтрація ґрунтових вод з усіма негативними наслідками цієї ситуації.

Варто приділяти особливу увагу якості закладення стикових з'єднань труб, гідроізоляції колодязів, ретельному закладенню пазух у колодязів, розміщенню люків колодязів на оцінках, що виключають потрапляння поверхневого стоку в мережу роздільної каналізації.

Як відомо, залізобетонні конструкції колекторів і колодязів піддаються газовій корозії, першопричиною якої є сірководень, що виділяється з міських стічних вод.

За літературними даними корисний термін служби залізобетонних колекторів внаслідок газової корозії становить менш 50 % від призначеного ресурсу.

При будівництві колекторів варто застосовувати сульфатостійкі пуцоланові цементи високих марок, а при реконструкції захищати поверхні стін, зводів, стінок вентиляційних шахт облицюванням із синтетичних матеріалів.

Вимоги до якості будівництва та монтажу насосних станцій.

Насосні агрегати, вантажопідйомне устаткування і арматура оглядаються перед монтажем, проводиться випробування насосів, у необхідних випадках виконуються ремонти або відбраковування.

Усмоктувальні лінії насосів, особливо встановлених не під затокою, прокладаються з підйомом не менш 0,005 убік руху води, ці умови необхідні для виключення повітряного засмічення труб. Природно, що контруклони на усмоктувальних лініях неприпустимі. Щоб уникнути підсмоктування повітря забір води усмоктувальними лініями проходить із глибини не менше 0,5-1,0 м.

Для підвищення герметичності усмоктувальні лінії монтують на зварюванні з мінімальною кількістю розбірних фланцевих з'єднань.

Труби закріплюються так, щоб виключити передачу зусиль на насоси і арматури. Важливо ретельно перевірити герметичність сальників у місцях проходів труб через стіни заглиблених приміщень.

Фундаменти під устаткування варто виконувати з бетону марок не нижче проектних, фундаменти перевіряються на відсутність у них тріщин, раковин і порожнеч.

При монтажі устаткування та трубопроводів суворо дотримуються проектних вимог ремонтпридатності: зручний підхід до арматури і можливість її огляду, монтажу і демонтажу, облаштування майданчиків і сходів, якщо трубопроводи проходять на висоті, прорізів у перекриттях для пропуску розташованої нижче арматури або устаткування.

Аналогічні вимоги, що включають і перевірку можливості транспортування на ремонтні площадки, пред'являються при розміщенні насосних агрегатів.

Втрати напору в межах насосної станції обмежені, що істотно впливає на економічність експлуатації. Для цього нормуються швидкості води (не більше 1,5 м/с). Не меншу роль грають і гідравлічні опори трубопроводів.

Вимоги до якості будівництва очисних споруд водовідведення

Як відомо, у міських очисних спорудах водопроводу і каналізації передбачається самопливна схема руху. Тому одна з головних вимог до якості будівництва полягає в точному дотриманні висотної схеми, тобто повній відповідності натурних оцінок окремих споруд або конструкцій робочим кресленням проекту. При неправильному виконанні висотної схеми змінюється продуктивність або взагалі стає неможливим робота очисних споруд.

Споруди, що працюють за принципом відстійників (пісколовки, водопровідні та каналізаційні відстійники) надзвичайно чутливі до змін гідравлічних умов, що знижують коефіцієнти об'ємного використання. Зміни виникають під впливом усякого роду причин, що викликають деформації водного потоку та вихроутворення. Вихри з'являються в місцях зміни площі живого перетину, напрямку руху потоку, при обтіканні перегородок, виступів, нерівностей. Тому важливо стежити за якістю облицювання внутрішніх поверхонь споруд.

Суворо за проектом виконуються водозбірні або водорозподільні пристрої; лотки та перфоровані труби.

На більшості станцій ємнісні споруди (відстійники, фільтри, аеротенки, освітлювачі зі зваженим осадам і інші) монтуються зі збірного залізобетону. Довговічність таких конструкцій залежить від якості застосовуваних бетонів, а найбільш ненадійними елементами є стики стінових панелей, закладення яких вимагає особливої уваги.

Вимоги до розміщення технологічних трубопроводів і встаткування, елементів, що впливають на безпеку праці та ремонтпридатність аналогічні розглянутими вище (для насосних станцій).

Пуско-налагодочні роботи на об'єктах водовідведення

Нові або реконструйовані об'єкти, що вводяться в експлуатацію, водопроводу та каналізації повинні бути пристосовані до сформованих умов роботи, без чого неможливе досягнення високої якості експлуатації.

Адаптація (пристосованість) досягається проведенням пуско-налагоджувальних робіт. У результаті проведення налагоджувальних робіт обґрунтовується оптимальний експлуатаційний режим об'єкта протягом року, складаються робочі карти для всіх споруд, що входять до складу налагоджуваного комплексу, створюється система виробничого технічного контролю, атестуються робочі місця і розробляються виробничі інструкції, уточнюється метрологічне забезпечення виробництва, навчається персонал.

Пуско-налагоджувальні роботи проводяться після завершення будівельно-монтажних робіт, прийнятих комісією в тимчасову експлуатацію та включають два етапи: підготовчий і основний.

На підготовчому етапі відбувається ознайомлення із проектною і виконавчою документацією, виявлення недоліків проекту та перевірочні розрахунки основних споруд об'єкта, перевірка розмірів і оцінок споруд у натурі і їх відповідність проектним, виявлення дефектів у будівництві, розробка пропозицій по усуненню виявлених недоліків і узгодження строків їхнього усунення. Перевіряється технічна готовність споруд до пуску та налагодження (забезпеченість електроенергією, системами зв'язку, реагентами, засобами техніки безпеки, вимірювальними приладами, звільнення споруд і комунікацій від сторонніх предметів і сміття; розробляються графіки лабораторно-виробничого контролю і його обсяги.

Налагодження ведеться силами персоналу, що буде обслуговувати ті або інші споруди в присутності та під наглядом наладчиків.

Проведення оцінки якості експлуатації при плануванні робіт по вдосконаленню технічної експлуатації

Комплексна оцінка якості експлуатації, проводиться постійно та на всіх рівнях (від майстерної ділянки до всієї системи в цілому), узагальнення і аналіз результатів такої оцінки дозволяє адресно виявити недоліки в експлуатаційному процесі.

Причини недоліків можуть пояснюватися помилками в призначенні виробничих режимів, недостатньою кваліфікацією виробничого персоналу,

низкою виробничою дисципліною а, з іншого боку, недоліками в технічному обслуговуванні, незадовільною якістю ремонтних робіт, або надмірним зношуванням основних фондів.

Рішення, прийняті на основі оцінки якості експлуатації, можуть бути чисто організаційними, або вимагають витрат на капітальні ремонти, реконструкцію і реновацію.

У деяких випадках при розробці заходів щодо поліпшення якості експлуатації, необхідні перевірочні розрахунки з використанням даних технічного паспорта об'єкта.

Контрольні питання

1. Вимоги до якості будівельно-монтажних робіт.
2. Порядок проведення якісного будівництва каналізаційних мереж.
3. Вимоги до якості будівництва та монтажу насосних станцій.
4. Вимоги до якості будівництва очисних споруд водовідведення.
5. Пуско-налагоджувальні роботи на об'єктах водовідведення.
6. Проведення оцінки якості експлуатації при плануванні робіт по вдосконаленню технічної експлуатації.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація » Частина I Проектування. Частина II Будівництво.
2. Національний стандарту України ДСТУ - Н Б У.2.5 40:2009.
3. ДСанПін 2.2. 4-171-10 Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» від 01.07.2010 №452/17747.
4. Постанова Кабінету Міністрів України від 5 травня 1997 р. № 409 «Про забезпечення надійності і безпечної експлуатації будівель, споруд та інженерних мереж».
5. Постанова КМУ «Про затвердження Порядку проведення обстеження прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва від 7 липня 2013 р.»
6. Селезнев В. Е. Математическое моделирование трубопроводных сетей и систем каналов: методы, модели, алгоритмы. / В. Е. Селезнев, В. В. Алешин., С. Н. Прялов. – М.: МАКС Пресс , 2007-695 с.
7. СНиП 2.04.01-85* «Внутренний водопровод и канализация сооружений».
8. СНиП 2.04.02 - 84* «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения».
9. ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання: зовнішні мережі та споруди».
10. Стандарт ISO 13760 «Пластмасові напірні труби для транспортування рідин. Метод розрахунку накопичених ушкоджень».
11. Воловник Г.И. Общие вопросы технической эксплуатации коммунальных систем водоснабжения и водоотведения / Г. И. Воловник, Л. В. Терехов, М.И. Коробко// Учебное пособие. – Хабаровск: ДВГУПС, 2005. – 84 с.
12. Дмитриева В. Д. Эксплуатация систем водоснабжения, водоотведения и газоснабжения / В. Д. Дмитриева, Б. Г. Мишукова. 3-е изд. – Л.: Стройиздат, 1988. - 388 с.
13. ДБН В.1.2-6 «Забезпечення міцності та стійкості».
14. ДБН В.2.-7 «Забезпечення пожежної безпеки».
15. ДБН В.1.2-10 «Забезпечення захисту від шуму» .
16. Основы надежности инженерных систем коммунального хозяйства / А. Я. Найманов., Н. Г. Насонкина, В. Н. Маслак, Н. И. Зотов . – Донецк : ИЭП НАН Украины, 2001. – 152 с.

Навчальне видання

ДУШКІН Станіслав Станіславович
ДЕГТЯР Марія Володимирівна

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ
з дисципліни

НАДІЙНІСТЬ
ВОДОПРОВІДНО-КАНАЛІЗАЦІЙНИХ СИСТЕМ

*(для студентів 2 - 3 курсів денної і заочної форм навчання
напряму підготовки 6.060101 – Будівництво
освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр
за спеціальністю «Водопостачання та водовідведення»)*

Відповідальний за випуск *К. Б. Сорокіна*

За авторською редакцією

План 2013, поз. 172 Л

Підп. до друку 28.11.2013
Друк на ризографі
Зам. №

Формат 60 x 84/16
Ум. друк. арк. 6,9
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Революції, 12, Харків. 61002
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 4705 від 28.03.2014 р.